



---

UMA ABORDAGEM GEO-DATA MINING ÀS REGIÕES CLIMÁTICAS DA PENÍNSULA  
IBÉRICA, 1951-2010

---

Pedro Marcos Santana Rodrigues

---

Trabalho de projeto apresentado como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Ciência e  
Sistemas de Informação Geográfica

**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**  
Universidade Nova de Lisboa

# **UMA ABORDAGEM GEO-DATA MINING ÀS REGIÕES CLIMÁTICAS DA PENÍNSULA IBÉRICA, 1951-2010**

por

Pedro Marcos Santana Rodrigues

Trabalho de Projeto apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Gestão de Informação, Especialização em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

**Orientador/Coorientador:** Roberto Henriques

**Coorientador:** Ana Cristina Marinho da Costa

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mulher, sempre me deu o seu apoio e compreensão inestimáveis, pelos diversos sacrifícios suportados e pelo constante encorajamento a fim de prosseguir a elaboração deste trabalho.

Às minhas filhas que nos momentos mais difíceis, foram o estímulo para continuar o trabalho.

Aos meus pais, sem o seu encorajamento e apoio económico não teria sido possível chegar ao fim desta jornada.

Aos meus orientadores Doutor Roberto Henriques e Doutora Ana Cristina Marinho da Costa, pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela preciosa ajuda na definição do objeto de estudo, pela exigência de método e rigor, pela incansável orientação científica, pela revisão crítica do texto, pelos profícuos comentários, esclarecimentos, opiniões e sugestões, pela cedência e indicação de alguma bibliografia relevante para a temática em análise, pelos oportunos conselhos, pela acessibilidade, cordialidade e simpatia demonstrados, pela confiança que sempre me concederam e pelo permanente estímulo que, por vezes, se tornaram decisivos em determinados momentos da elaboração desta tese, pelo interesse evidenciado, incluindo o benéfico acompanhamento ao longo deste percurso académico

## RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo feito na busca de alterações de padrões climáticos na Península Ibérica. Foram consideradas duas normais climatológicas que caracterizassem a variabilidade climática nos períodos [[1951–1980]] e [[1981–2010]], e analisadas possíveis alterações no padrão espacial do clima nesses períodos. Para tal, foram utilizados sete índices climáticos diferentes, que se dividem em duas categorias, precipitação e temperatura: Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD, TX, TN e DTR. Através da análise destes índices foram construídos, por meio de *Inverse Distance Weighting*, mapas para comparar a distribuição espacial destes nos períodos em apreço e mapas que sintetizassem a variabilidade climática capturada pelos índices, através de redes neuronais, mais concretamente com *Self Organizing Maps* (SOM). Verificou-se então que existem diferenças na distribuição dos índices pela superfície da Península Ibérica onde, de uma maneira geral, na normal de [1981-2010] se verifica diminuição da precipitação e aumento da temperatura, sucedendo o mesmo nas regiões climáticas encontradas, sendo que as regiões mais quentes e com menor precipitação se sobrepõem às mais frias e de maior precipitação.

## PALAVRAS-CHAVE

Península Ibérica; Clima; Índices extremos; *Self Organizing Maps*

## ABSTRACT

This paper presents a study conducted to determine changes in weather patterns in the Iberian Peninsula. Two Climate Normals were considered to characterize the climatic variability in the period [1951-1980] and [1981-2010], and analyzed for possible changes in the spatial pattern of the weather in these periods. To this end seven different climate indexes, which are divided into two categories, precipitation and temperature, were used: Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD, TX, TN and DTR. Through the analyses of these indexes several maps were constructed by *Inverse Distance Weighting* in order to compare the spatial distribution of the referred indices for the periods in question and subsequently created maps that synthesized the climate variability perceived by the indexes. This was done using neural networks, specifically *Self Organizing Maps* (SOM). It was found that there are differences in the distribution ratios of the surface of the Iberian Peninsula, where in general it shows the existence of decreased precipitation and increased temperature in the [1981-2010] climatic normal.

## KEYWORDS

Iberian Peninsula; Climate; Extreme Indexes *Self Organizing Maps*

# ÍNDICE

1. Introdução .....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Dados e Métodos .....	2
1.3. Organização do Relatório .....	3
2. Caracterização Geral da Península Iberica .....	4
2.1. Relevo e Rede Hidrográfica .....	5
2.2. Principais fatores do clima .....	6
2.3. Características do Clima .....	7
2.3.1. Portugal .....	7
2.3.2. Espanha .....	8
3. Métodos e Dados.....	9
3.1. Índices climáticos.....	9
3.2. Dados.....	9
3.2.1. Dados das Estações .....	10
3.2.2. Dados <i>Grid</i> E-OBS .....	12
3.3. Metodologia .....	14
3.3.1. Interpolação por <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW) .....	14
3.3.2. <i>Self Organizing Maps</i> – SOM.....	17
4. Resultados .....	21
4.1. Caracterização espacial dos índices climáticos – dados das estações .....	21
4.1.1. TX - Média da Temperatura Máxima .....	21
4.1.2. TN – Média da Temperatura Mínima.....	22
4.1.3. DTR – Média da Amplitude Térmica Diária .....	22
4.1.4. CDD - Número de Dias Secos Consecutivos .....	23
4.1.5. R95pTOT - Fração de Precipitação Devido a Dias Muito Húmidos .....	24
4.1.6. R95T - Fração Total de Precipitação Devido a Eventos de Chuva Acima do Percentil 95.....	25
4.1.7. Rx5day - Precipitação Máxima Acumulada em 5 Dias Consecutivos.....	25
4.2. Regiões Climáticas da Península Ibérica – dados das estações .....	26
4.2.1. Normal Climatológica 1951-1980.....	26
4.2.2. Normal Climatológica 1981-2010.....	28
4.2.3. Conclusões.....	30
4.3. Caracterização espacial dos índices climáticos – dados <i>Grid</i> E-OBS .....	31

4.3.1. TX - Média da Temperatura Máxima .....	31
4.3.2. TN – Média da Temperatura Mínima .....	32
4.3.3. DTR – Média da Amplitude Térmica Diária .....	32
4.3.4. CDD - Número de Dias Secos Consecutivos .....	33
4.3.5. R95pTOT – Fração de Precipitação Devido a Dias Muito Húmidos .....	34
4.3.6. R95T - Fração Total de Precipitação Devido a Eventos de Chuva Acima do Percentil 95.....	35
4.3.7. Rx5day - Precipitação Máxima Acumulada em 5 Dias Consecutivos .....	35
4.4. Regiões climáticas da Península Ibérica – dados <i>Grid</i> E-OBS .....	36
4.4.1. Normal Climatológica 1951-1980.....	37
4.4.2. Normal Climatológica 1981-2010.....	38
5. Conclusões.....	45
6. Bibliografia.....	46
7. Anexo.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Península Ibérica (ArcGIS online) .....	4
Figura 2.2 - Organização do relevo da Península Ibérica, (Lautensach, 1967) .....	5
Figura 3.1 - Área de Estudo e localização das estações .....	10
Figura 3.2 – Estações com dados em falta para a Normal Climatológica 1951-1980.....	11
Figura 3.3 - Estações com dados em falta para a Normal Climatológica 1981-2010 .....	11
Figura 3.4 – Definição da grelha de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ .....	13
Figura 3.5 - Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica (Agencia Estatal de Meteorología; Instituto de Meteorologia de Portugal, 2011) .....	19
Figura 3.6 – Divisão em Polígonos de Thiessen.....	20
Figura 4.1 - Média da temperatura máxima (TX) [1951; 1980] .....	21
Figura 4.2- Média da temperatura máxima (TX) [1981; 2010] .....	21
Figura 4.3 - Média da temperatura mínima (TN) [1951; 1980] .....	22
Figura 4.4 - Média da temperatura mínima (TN) [1981; 2010] .....	22
Figura 4.5 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1951; 1980].....	23
Figura 4.6 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1981; 2010].....	23
Figura 4.7 - Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980] .....	23
Figura 4.8 - Número de dias secos consecutivos (CDD) [1981; 2010] .....	24
Figura 4.9 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1951; 1980]....	24
Figura 4.10 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1981; 2010]..	24
Figura 4.11 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1951; 1980].....	25
Figura 4.12 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1981; 2010].....	25
Figura 4.13 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1951; 1980] .....	26
Figura 4.14 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1981; 2010] .....	26
Figura 4.15 - Normal Climatológica (1951-1980) - <i>Clusters</i> identificados na Matriz U.....	28
Figura 4.16 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados.....	28
Figura 4.17 - Normal Climatológica (1951-1980) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados.....	28
Figura 4.18 - Normal Climatológica (1981-2010) - <i>Clusters</i> identificados na Matriz U.....	29



Figura 4.19 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados.....	30
Figura 4.20 - Normal Climatológica (1981-2010) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados.....	30
Figura 4.21 - Média da temperatura máxima (TX) [1951; 1980] .....	31
Figura 4.22 - Média da temperatura máxima (TX) [1981; 2010] .....	32
Figura 4.23 - Média da temperatura mínima (TN) [1951; 1980] .....	32
Figura 4.24 - Média da temperatura mínima (TN) [1981; 2010] .....	32
Figura 4.25 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1951; 1980].....	33
Figura 4.26 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1981; 2010].....	33
Figura 4.27 – Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980].....	33
Figura 4.28 – Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980].....	34
Figura 4.29 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1951; 1980]..	34
Figura 4.30 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1981; 2010]..	34
Figura 4.31 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1951; 1980].....	35
Figura 4.32 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1981; 2010].....	35
Figura 4.33 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1951; 1980] .....	36
Figura 4.34 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1981; 2010] .....	36
Figura 4.35 - Normal Climatológica (1951-1980) - <i>Clusters</i> identificados na Matriz U.....	37
Figura 4.36 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados.....	38
Figura 4.37 - Normal Climatológica (1951-1980) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados.....	38
Figura 4.38 - Normal Climatológica (1981-2010) - <i>Clusters</i> identificados na Matriz U.....	39
Figura 4.39 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados.....	39
Figura 4.40 - Normal Climatológica (1981-2010) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados.....	40
Figura 4.41 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD.....	41
Figura 4.42 - Normal Climatológica (1950-1981) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD .....	41

Figura 4.43 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados para os índices TN, TX e DTR .....	42
Figura 4.44 - Normal Climatológica (1950-1981) - Média dos valores para cada índice dos <i>clusters</i> identificados para os índices TN, TX e DTR .....	43
Figura 4.45 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD.....	44
Figura 4.46 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos <i>clusters</i> identificados para os índices TN, TX e DTR .....	44
Figura 7.1 – Localização e identificação das estações .....	49

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Acrónimos e definições dos sete índices usados no trabalho .....	9
Tabela 3.2 - Estatística descritiva dos Índices (Dados das Estações) .....	12
Tabela 3.3 - Estatística descritiva dos Índices (Dados <i>Grid</i> E-OBS) .....	13
Tabela 3.4 – Valores utilizados (Dados das Estações) .....	15
Tabela 3.5 - Valores utilizados (Dados <i>Grid</i> E-OBS).....	16
Tabela 3.6 – Regiões climáticas de Köppen-Geiger para a Península Ibérica (simplificadas)..	18
Tabela 4.1 - Valores utilizados no cálculo dos SOM (Dados das Estações).....	26
Tabela 4.2 - Valores utilizados no cálculo dos SOM (Dados <i>Grid</i> E-OBS).....	36
Tabela 7.1 – Identificação das estações .....	49

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>CDD</b>	Duração máxima de um período de dias secos ( $R < 1\text{mm}$ )
<b>DTR</b>	Média da amplitude de térmica diária
<b>IDW</b>	<i>Inverse Distance Weighting</i>
<b>PI</b>	Península Ibérica
<b>R</b>	Rainfall
<b>R95pTOT</b>	Fração de precipitação devido a dias muito húmidos ( $R > \text{Percentil } 95$ )
<b>R95T</b>	Contribuição de eventos extremos de precipitação para o total de precipitação
<b>RMSE</b>	Root Mean Square Error
<b>Rx5day</b>	Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos
<b>SOM</b>	<i>Self Organizing Maps</i>
<b>TX</b>	Média da temperatura máxima diária
<b>TN</b>	Média da temperatura mínima diária

# 1. INTRODUÇÃO

A influência humana no sistema climático é óbvia. As emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa são as mais altas de sempre. As recentes mudanças climáticas têm impactos generalizados nos sistemas humanos e naturais (Meyer & Pachauri, 2014). Em muitas regiões, as mudanças nos regimes de precipitação, degelo de neve e gelo, estão a alterar os sistemas hidrológicos, afetando os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade (Field, et al., 2014)

Outro aspeto importante é o impacto que a alteração do clima tem na produção das culturas agrícolas, estes impactos são mais negativos do que positivos, manifestando-se apenas alguns impactos positivos nas regiões de grande altitude. A mudança territorial, de atividades sazonais, padrões de migração, abundância e interações entre espécies (terrestres de água doce e marinhas) é outro fator a ter em conta, pois as consequências ainda não estão totalmente quantificadas (Field, et al., 2014)

A maior frequência de extremos climáticos, como ondas de calor, secas e cheias, o aumento da frequência de fogos florestais, expõem a vulnerabilidade de alguns ecossistemas e sistemas humanos às alterações climáticas será outra dimensão a ter em conta (Field, et al., 2014), pois acarretam elevados custos diretos e indiretos.

Tendo por base estes factos, reveste-se de evidente importância o estudo das mudanças no clima e de como estas evoluem ao longo do tempo. Este conhecimento é sem dúvida uma ferramenta estratégica para o planeamento territorial, pois tais alterações irão ter elevadas ações e impactos em sistemas naturais e humanos em todos os continentes e oceanos (Field, et al., 2014).

Diversos autores têm procurado definir regiões climáticas em diferentes zonas do globo, tais como Estados Unidos da América, África do Sul, Índia, Turquia, Arábia Saudita, etc. Por forma a criar uma primeira abordagem à temática das alterações climáticas, consultaram-se diferentes estudos nesta área para analisar as alterações aos padrões espaciais do clima. Fovell & Fovell (1993), usaram dados de temperatura e precipitação dos Estados Unidos continentais e executaram três análises de *clusters* hierárquicos. Estas análises, feitas com 8, 14 e 25 *clusters* têm o objetivo de encontrar a melhor solução no uso dos dados de forma a que consigam minimizar o enviesamento dos mesmos. Mimmack, Mason, & Galpin (2001), através de dados de precipitação para um período de 30 anos (1961-1990), recolhidos de 517 estações em toda a África do Sul e Lesoto, compararam dois métodos de cálculo de *clusters*, usando distâncias Euclidianas e distâncias de Mahalanobis. Estes autores propõem-se a descobrir se um método é mais adequado do que outro e se sim, em que circunstâncias. Posse (2001), usou dois conjuntos de dados: uma ressonância magnética multibanda de um cérebro humano e um conjunto de dados com a precipitação mundial, discutindo formas de integrar a informação espacial na análise *clusters*. Lund & Li (2009), introduzem uma nova métrica de distâncias que permite o *clustering* de séries temporais climáticas usando dados provenientes de 292 estações climatológicas no estado do Colorado nos Estados Unidos da América. Tercek, Gray, & Nicholson (2012), usando dados climatéricos da grande região de Yellowstone nos estados de Wyoming, Montana e Idaho nos Estados Unidos da América, executaram três análises de *clusters* distintas, de diferentes séries de dados, analisando a utilidade de cada método para o uso na gestão de recursos naturais. Bharath, Srinivas, & Basu (2015), usam um método de *clustering* de duas fases, para delinear regiões homogéneas de temperatura para toda a região continental da Índia. Iyigun, et

al. (2013), aplicam uma técnica de *clustering* hierárquico (método de Ward) a dados climáticos provenientes de 244 estações na Turquia. Os resultados deste método mostram o impacto que a variabilidade geográfica tem nos resultados. Com base nesses resultados determinaram 14 *clusters* que, segundo os autores, representam 14 regiões climáticas da Turquia de uma forma realista. Ahmed (1997), utiliza uma abordagem em duas etapas para definir zonas climáticas na Arábia Saudita em que os fatores resultantes de uma análise fatorial de dados de precipitação e temperatura média, foram utilizados como dados de entrada num processo de análise de *clusters* hierárquica. Rhee, Im, Carbone, & Jensen (2008), Propõem-se a encontrar regiões climatológicas homogêneas nos estados da Carolina do Norte e Carolina do Sul, nos Estados Unidos da América, usando uma abordagem de várias etapas integrando dados recolhidos *in-sito* e dados captados através de deteção remota para a obtenção de *clusters* através de métodos hierárquicos e não hierárquicos.

Com base nesta literatura, criou-se uma metodologia que fosse adequada ao objeto deste relatório. Para tal foram usados dois métodos principais de análise, a geostatística e a de rede neuronal, sendo que cada método serve um objetivo diferente, mas complementar.

### **1.1. OBJETIVOS**

Com vista a analisar estas mudanças no sistema climático, foi elaborado este relatório que se concentrará na busca de alterações de padrões climáticos na Península Ibérica. Para tal irão ser analisadas duas normais climatológicas que caracterizem a variabilidade climática nos períodos [[1951–1980]] e [[1981–2010]], e analisar possíveis alterações no padrão espacial do clima nesses períodos. Mais especificamente, pretende-se:

- Selecionar um conjunto de índices de precipitação e temperatura que caracterizem a variabilidade climática.
- Caracterizar e comparar a distribuição espacial de índices de precipitação nos períodos [[1951–1980]] e [[1981–2010]];
- Caracterizar e comparar a distribuição espacial de índices de temperatura nos mesmos períodos;
- Produzir um mapa climatológico que sintetize a variabilidade climática capturada pelos índices de precipitação e temperatura, em cada período e comparar os mapas climatológicos de cada período.

### **1.2. DADOS E MÉTODOS**

Foram utilizados sete índices climáticos extremos diferentes, que se dividem em duas categorias, precipitação e temperatura. Estes índices pertencem ao conjunto de vinte e sete índices nucleares recomendados pelo *joint project Commission for Climatology/Climate Variability and Predictability (CLIVAR)/Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (Costa, Santos, & Pinto, 2011) e (ETCCDI/CRD *Climate Change Indices*, 2015) sendo eles: Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD, TX, TN e DTR.

Para gerar os mapas de distribuição espacial dos índices foram utilizados métodos geoestatísticos, nomeadamente a interpolação por IDW (*Inverse Distance Weighting*). Para produzir os mapas que

sintetizam a variabilidade climática capturada pelos índices, foram feitas análises com redes neurais, mais concretamente com *Self Organizing Maps* (SOM).

Para a produção dos mapas que sintetizassem a variabilidade climática capturada pelos índices de precipitação e temperatura, em cada período, foi utilizada a classificação climática de Köppen-Geiger. Esta classificação contempla treze regiões climáticas distintas, distribuídas pelo território da Península Ibérica. No entanto, dado o objetivo deste relatório esta classificação foi simplificada e selecionaram-se apenas as regiões que apresentam maior representação na Península Ibérica, ficando o número de regiões climáticas da Península Ibérica reduzidas a quatro.

Tomando como ponto de partida esta simplificação, definiu-se que se usariam no máximo quatro *clusters* para representar a variabilidade climática capturada pelos índices de precipitação, aproximando assim o número de *clusters* ao número de regiões climáticas encontradas na Península Ibérica.

De notar que a classificação climática de Köppen-Geiger se baseia em condições climáticas médias e este relatório considera índices climáticos extremos, no entanto a simplificação efetuada permanece válida.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

Este relatório tem a seguinte organização: Foi feita uma introdução, onde estão definidos os objetivos, dados e métodos a serem utilizados no relatório; Foi efetuada uma caracterização geral da Península Ibérica, onde foram descritos o relevo, rede hidrográfica, principais fatores e características do clima. Foram descritos os índices climáticos e explanados os métodos de obtenção dos dados a serem utilizados, foi descrita a metodologia da produção dos mapas de distribuição espacial dos índices e dos mapas de variabilidade climática; Foram apresentados os resultados da caracterização espacial dos índices climáticos relativos aos dados das estações, seguida dos resultados relativos às regiões climáticas da Península Ibérica; À semelhança da secção anterior foi feita a caracterização espacial dos índices climáticos e das regiões climáticas da Península Ibérica mas agora relativos aos dados da *Grid* E-OBS e finalmente foram retiradas conclusões acerca dos resultados obtidos.

## 2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PENÍNSULA IBERICA

A Península Ibérica, (Figura 2.1), tem uma superfície de cerca de 581.000 km<sup>2</sup> uma largura máxima de cerca de 1000 km, à latitude do cabo Finisterra e uma largura mínima à latitude de Barcelona de cerca de 800 km. Segundo os meridianos, as suas dimensões apresentam valores ligeiramente inferiores, mas da mesma ordem de grandeza. Assim, o comprimento da Península varia entre 820 km à longitude de Gibraltar e 700 km à longitude de Huelva.



Figura 2.1 - Península Ibérica (ArcGIS online)

Tratam-se de valores bastante próximos, o que mostra, só por si, o carácter maciço da Península Ibérica.

Como é natural numa península, a Península Ibérica apresenta um grande desenvolvimento dos litorais (4118 km) do qual cerca de metade corresponde ao litoral mediterrâneo.

A linha de costa, sobretudo no litoral atlântico e mediterrânico, desenvolve-se segundo grandes arcos apoiados nos diversos cabos (Finisterra, Carvoeiro, Roca, Espichel, Sines, Sagres, St<sup>a</sup> Maria, Gibraltar, Gata, Palos, da Nao e de Creus). A costa Cantábrica tem um traçado diverso, com um carácter muito mais retilíneo no seu conjunto, embora com reentrâncias de pormenor.

Trata-se, em linhas gerais, de um litoral pouco recortado. As rias galegas e o estuário do Tejo são as maiores aberturas existentes no litoral da Península Ibérica.

Das penínsulas do Sul da Europa, a Península Ibérica é a que se liga ao continente por um istmo mais estreito (440 km). Além disso está separada da Europa pelos Pireneus. Por isso, a Península Ibérica



funciona, efetivamente, quase como uma ilha, destacada do resto da Europa. Atendendo às suas dimensões poderemos dizer que a Península Ibérica corresponde a um continente em miniatura, com uma grande diversidade geoestrutural e climática, que, juntamente com a diversidade cultural, contribui para a existência de paisagens muito variadas.

## 2.1. RELEVO E REDE HIDROGRÁFICA

Dos 581.000 km<sup>2</sup> de área, cerca de 211.000 km<sup>2</sup> correspondem a planaltos. Com efeito, um grande planalto desnivelado, a Meseta Ibérica, (Figura 2.2), ocupa uma parte importante do centro da Península. Por isso, esta tem uma altitude média elevada (660 m de altitude média), embora não se possa considerar uma região montanhosa.

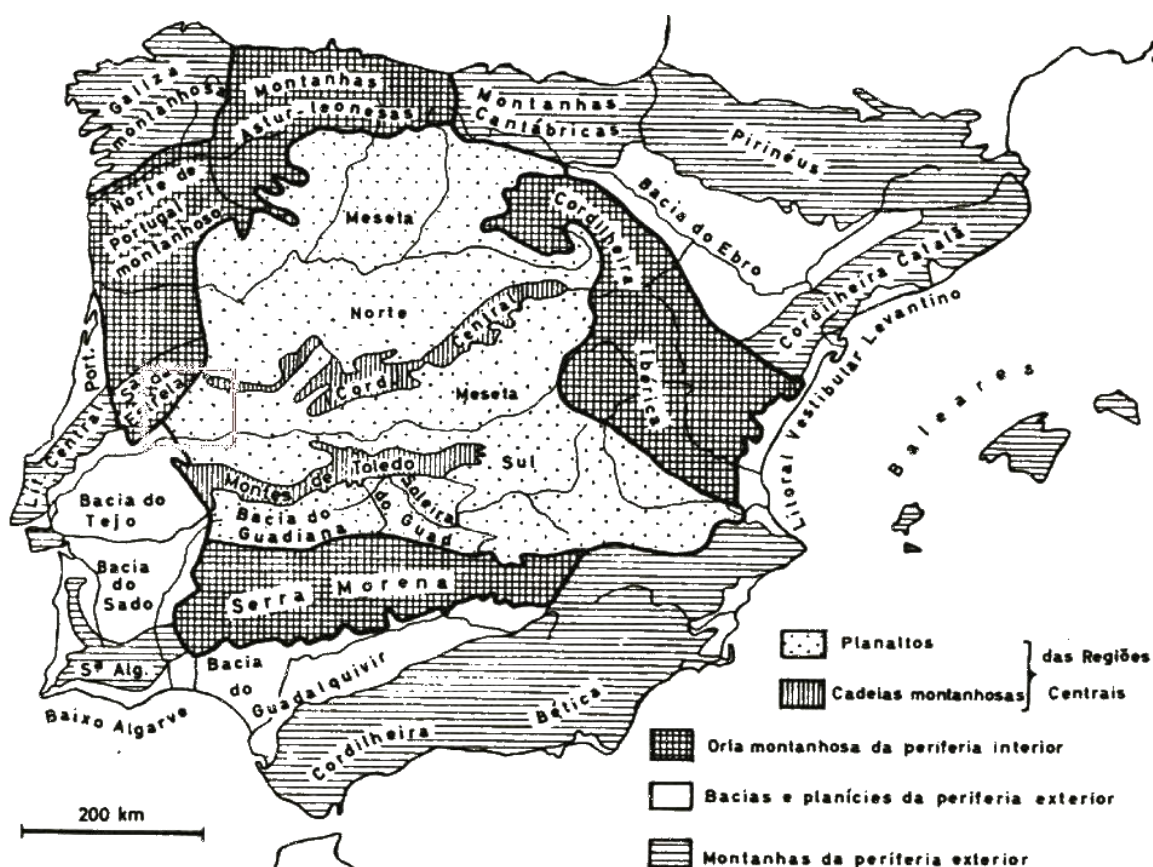


Figura 2.2 - Organização do relevo da Península Ibérica, (Lautensach, 1967)

Nesta Península maciça e planáltica, as planícies são relativamente raras e só constituem unidades morfológicas importantes no vale do Guadalquivir e na parte ocidental de Portugal.

A Meseta está basculada para Oeste, apresentando uma inclinação de 0,5%. Essa inclinação para Oeste, bem como a existência de relevos mais importantes no rebordo oriental da Meseta vão condicionar o traçado dos mais importantes rios peninsulares (Douro, Tejo, parte espanhola do Guadiana, Guadalquivir). A principal exceção, a esse predomínio do traçado para Oeste, corresponde ao rio Ebro.

A Meseta está rodeada de relevos por quase todos os lados, o que acentua o carácter continental que já lhe era dado pela sua posição interior. Além disso, está dividida, pela Cordilheira Central, em submeseta setentrional e meridional.

Assim, a falta de reentrâncias litorais e os Cantábricos isolam completamente a região de Castela-a-Velha (submeseta setentrional) a Norte. A leste são os montes Ibéricos e as Cordilheiras Costeiras Catalãs, que são paralelas à costa, que separam aquela região do Mediterrâneo.

Mesmo a Oeste, onde as montanhas mais importantes são oblíquas em relação à linha de costa, o Caramulo, o Marão e o Alvão, a Sanábria e os Montes de León, acabam por constituir, em conjunto, uma muralha quase contínua, impedindo a entrada das influências atlânticas na submeseta setentrional.

A submeseta meridional começa por ser isolada dos ventos húmidos de Oeste e de noroeste pela Cordilheira Central e pelos Montes de Toledo. Esse isolamento relativamente ao Atlântico é igualmente notório a Sul, com a serra Morena. A sudeste, as Cordilheiras Béticas (com as maiores altitudes dentro da Península Ibérica) constituem um rebordo montanhoso imponente, isolando a Meseta do Mediterrâneo.

Só no Alentejo a penetração das influências marítimas parece ser mais fácil. Mesmo aí, as serras do Cercal e de Grândola, apesar da pouca importância topográfica que têm, isolam o Alentejo do mar, sob o ponto de vista climático. No Algarve, esse papel é desempenhado pelas serras de Monchique (902 m) e do Caldeirão (541 m).

Assim, o interior da Península Ibérica fica quase sempre bastante distante do mar. Essa distância é geralmente reforçada pelo seu próprio rebordo montanhoso ou pelas cadeias periféricas peninsulares. Apenas a Oeste parece ficar um pouco mais aberto à sua influência.

Todavia, mesmo aí, uma análise de maior escala permite verificar que existe, quase sempre, um rebordo (designado como relevo ou maciço marginal) que separa a plataforma litoral das regiões interiores e que, apesar de parecer pouco significativo, pode constituir uma barreira não negligenciável para as influências marítimas.

## **2.2. PRINCIPAIS FATORES DO CLIMA**

Numa análise preliminar, definimos a Península Ibérica pelo seu carácter maciço e pelo predomínio de relevos periféricos que isolam o seu interior das influências do mar. No entanto, existem outros fatores que afetam o clima da Península Ibérica, tais como:

A Latitude, a latitude varia entre 43° 47'N (Estaca de Bares, a leste do Cabo Ortegal) e 36° 00'N (ilhota de Tarifa, próximo de Gibraltar). Esta situação, que coincide perfeitamente com a do desenvolvimento do Mediterrâneo, dá-lhe à partida, com grande probabilidade, características mediterrâneas. Todavia, numa faixa de transição, como é a faixa mediterrânica, variações relativamente pequenas de latitude podem traduzir-se em grandes modificações climáticas.

Das penínsulas do Sul da Europa, a Península Ibérica é aquela que apresenta latitudes mais baixas e que, adicionalmente, mais se aproxima de África. Com efeito, o estreito de Gibraltar tem apenas 14 km de largura. A região de Reggio (Calábria, extremidade Sul da Península Itálica) situa-se à latitude

do Cabo de Sines. Dos territórios europeus, só a ilha de Creta atinge latitudes mais baixas. A passagem das perturbações da frente polar, durante o outono, inverno e parte da primavera, atinge sobretudo o Norte, que fica mais próximo das depressões que as condicionam. Durante o verão, contudo, as influências orientais (que penetram escassamente para o interior da costa mediterrânica) e meridionais tornam-se mais relevantes. Assim, toda a Península é atravessada por uma "luta" entre as influências atlânticas e mediterrânicas. As características mediterrânicas estendem-se a todo o território, embora de forma muito mitigada a Norte e de forma cada vez mais clara à medida que se caminha para Sul.

O carácter maciço da Península Ibérica. Com a configuração em forma de paralelogramo, e com poucas reentrâncias, tem como consequência que as áreas do interior se situem a distâncias apreciáveis (que podem atingir valores superiores a 400 km) do mar.

A Distribuição e orientação do relevo. Com uma disposição muitas vezes grosseiramente paralela à linha de costa condiciona a existência de chuvas orográficas nas vertentes expostas aos ventos marítimos e cria situações de abrigo nas vertentes opostas

Não são só os relevos importantes que provocam este efeito. Qualquer rugosidade do terreno que retarde o movimento de massas de ar húmido vai gerar movimentos ascensionais que poderão desencadear precipitação. É por isso que a respetiva distribuição mostra um paralelismo tão grande com o relevo. Todavia, a distribuição do relevo não tem influência só na precipitação. Isolando certas regiões dos ventos vindos do mar ela acentua a continentalidade do clima, aumentando as amplitudes térmicas diurnas e anuais.

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DO CLIMA**

### **2.3.1. Portugal**

Portugal tem um clima mediterrânico ameno, com Verões quentes e secos, forte sazonalidade e grande variabilidade inter-anual. O clima é grandemente influenciado pela latitude, orografia e proximidade ao Oceano Atlântico (de Lima, Espírito Santo, & de Lima, 2013) e (Miranda, et al., 2002).

A região noroeste de Portugal é uma das mais pluviosas da Europa, com uma média anual de precipitação acumulada superior a 3000mm, enquanto que no interior do Alentejo esse valor anda na ordem dos 500mm e mostra grande variabilidade inter-anual. Como outros países do Sul da Europa, Portugal apresenta um clima Mediterrânico moderado, mas suscetível a vulnerabilidades climáticas, nomeadamente a secas e desertificação do Sul do seu território. A média anual da temperatura do ar varia entre os 7°C nas terras altas do interior central de Portugal e os 18°C nas áreas costeiras do sul. A média mensal dos valores da temperatura do ar varia regularmente durante o ano, chegando ao seu máximo em Agosto e ao seu mínimo em Janeiro. No verão a média de valores da temperatura máxima varia entre os 16°C na Serra da Estrela e os 32-34°C na região Centro-este do Alentejo. A média de temperatura mínima no Inverno varia entre os 2°C nas zonas montanhosas interiores e os 12°C no Algarve, (Miranda, et al., 2002). Quanto à precipitação, a média anual de precipitação em Portugal continental é cerca de 900mm, no entanto existe um grande grau de variação espacial para este índice. Cerca de 42% da precipitação anual verifica-se durante os 3 meses da estação de inverno (Dezembro a Fevereiro), sendo que os valores mais baixos de precipitação ocorrem durante o Verão (Junho a Agosto), correspondendo estes a apenas a 6% da

precipitação anual. Durante os meses de transição (Março a Maio e Outubro a Novembro), a quantidade de precipitação é muitíssimo variável (Miranda, et al., 2002).

### **2.3.2. Espanha**

Devido à sua orografia e situação geográfica, Espanha possui uma grande variedade climática. A amplitude térmica anual supera os 18°C (no território peninsular) e o intervalo de precipitação anual varia desde apenas os 150mm a mais de 2500mm, (Abaurrea, et al., 2005).

A precipitação é o elemento climático mais importante em Espanha, dada a modesta quantidade que se verifica sobre a maioria do seu território e a sua elevada variabilidade temporal e espacial. O seu total médio anual, tem servido tradicionalmente para distinguir três grandes áreas, a Espanha chuvosa ( $R \geq 800\text{mm}$ ), seca ( $800 < R \leq 350$ ) e a semidesértica ( $R < 350\text{mm}$ ). A Espanha chuvosa ocupa fundamentalmente todo o Norte e Noroeste da PI. A média anual de precipitação acumulada é na ordem dos 1000mm, podendo chegar aos 2000mm nos sectores mais expostos aos fluxos húmidos marinhos. A Espanha seca, a mais extensa, ocupa todo o espaço central da PI, nomeadamente, as mesetas Norte e Sul, a Bacia do Ebro, a Bacia do Guadalquivir e grande parte do Litoral Vestibular Levantino. A Espanha semidesértica, tem a sua principal representação no Sudeste peninsular, designadamente nas províncias de Almeria, Múrcia, Granada e Alicante. Existem também alguns enclaves na Bacia do Ebro e Meseta Sul, (Abaurrea, et al., 2005). A uma escala de conjunto, pode-se dizer que a precipitação anual da PI diminui de Norte para Sul e de Oeste para Este. A temperatura média anual da Espanha peninsular varia, ao nível do mar, entre os 14°C da costa cantábrica até aos 18°C na costa sul-mediterrânica e sul-atlântica. No litoral mediterrânico oriental a temperatura média anual varia entre os 15°C em alguns sectores da costa catalã a 18°C na costa almeirinese. A temperatura média anual pode ser negativa acima dos 2800m (Pireneus) e acima dos 3100m (Serra Nevada). A Meseta Norte apresenta valores entre os 10 e 12,5°C e a Meseta Sul entre os 12,5 e 15°C. A Bacia do Ebro apresenta temperaturas médias anuais ligeiramente superiores a 14°C e a do Guadalquivir medias entre os 17 e 18°C. De um modo geral os valores da temperatura média anual diminuem do litoral para o interior, aumentam de Norte para Sul (em igualdade de altitude), no interior os valores diminuem de Poente para Nascente, (Abaurrea, et al., 2005) e (Ileana, Isabel, Yolanda, Damiá, & Penelope, 2010).

### 3. MÉTODOS E DADOS

#### 3.1. ÍNDICES CLIMÁTICOS

Foram utilizados sete índices diferentes, que se dividem em duas categorias, precipitação e temperatura. Estes índices pertencem ao conjunto de vinte e sete índices nucleares recomendados pelo *joint project Commission for Climatology/Climate Variability and Predictability (CLIVAR)/Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (Peterson, 2005) e (ETCCDI/CRD Climate Change Indices, 2015) sendo eles: Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD, TX, TN e DTR. O índice Rx5day é definido como sendo a precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (em milímetros) fornecendo assim uma medida de médio prazo dos totais de precipitação. O índice R95T é calculado como o rácio, entre R95pTOT e PRCPTOT, onde R95pTOT (em milímetros) é a fração de precipitação devido a dias muito húmidos ( $R > \text{Percentil } 95$ ) e PRCPTOT é o total de precipitação que cai em dias húmidos (em milímetros). Um dia húmido é definido como um dia com um acumulado de precipitação superior a 1mm, caso contrário é um dia seco. Assim sendo o índice R95T representa a fração adimensional do total de precipitação que cai durante eventos extremos de precipitação, ou por outras palavras, a contribuição de eventos extremos de precipitação para o total de precipitação (em percentagem). CDD é definido como a duração máxima de um período de dias secos ( $R < 1\text{mm}$ ) (em dias por época). O índice TX representa a média da temperatura máxima diária, o índice TN representa a média da temperatura mínima diária e finalmente o índice DTR representa média da amplitude de térmica diária.

Tabela 3.1 – Acrónimos e definições dos sete índices usados no trabalho

Acrónimo	Explicação	Unidades
Rx5day	Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos	mm
R95T	Contribuição de eventos extremos de precipitação para o total de precipitação	%
R95pTOT	Fração de precipitação devido a dias muito húmidos ( $R > \text{Percentil } 95$ )	mm
CDD	Duração máxima de um período de dias secos ( $R < 1\text{mm}$ )	Dias
TX	Média da temperatura máxima diária	°C
TN	Média da temperatura mínima diária	°C
DTR	Média da amplitude de térmica diária	°C

#### 3.2. DADOS

Foram utilizados dois conjuntos de dados, ambos provenientes do sítio da (European Climate Assessment & Dataset project team, 2015). Um primeiro conjunto composto por ficheiros em formato texto (\*.txt) que contêm registos diários de diversos índices climáticos para os anos 1918 a 2011 em estações meteorológicas distribuídas pela Europa, indicadas em Anexo. E um segundo consistindo num conjunto de dados em grelha “*Gridded dataset*” com uma resolução espacial de

0,25° x 0,25° entre 25N-75N x 40W-75E e uma resolução temporal diária entre 01-01-1950 e 31-12-2014.

### 3.2.1. Dados das Estações

Cada ficheiro contem registos de cada índice em estudo para os anos de 1918 a 2011 em diversas estações meteorológicas espalhadas pela europa. Uma vez que a área de estudo é a Península Ibérica, foram apenas selecionados os ficheiros correspondentes a esta área. Na Figura 3.1 mostra-se a distribuição das estações meteorológicas pela Península Ibérica.

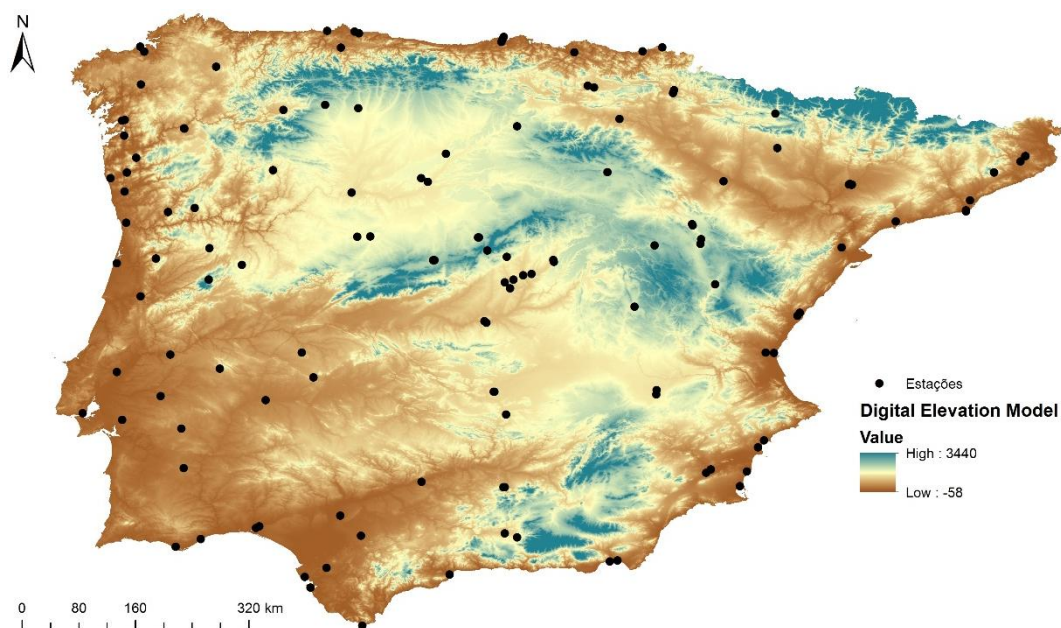


Figura 3.1 - Área de Estudo e localização das estações

Ao todo foram selecionadas 132 estações e destas apenas os dados relativos aos períodos em estudo, 01-01-1951 a 31-12-1980 e 01-01-1981 a 31-12-2010

Uma vez que nem todas as estações possuem registos para todos os índices, para os períodos em apreço, onde esses registos estão em falta o valor está codificado com a indicação -999999. De referir que estes dados vêm acompanhados das coordenadas geográficas e da altitude das estações onde foram recolhidos para posterior georreferenciação. Na Figura 3.2 e Figura 3.3 estão indicadas as estações onde se encontram registos em falta.

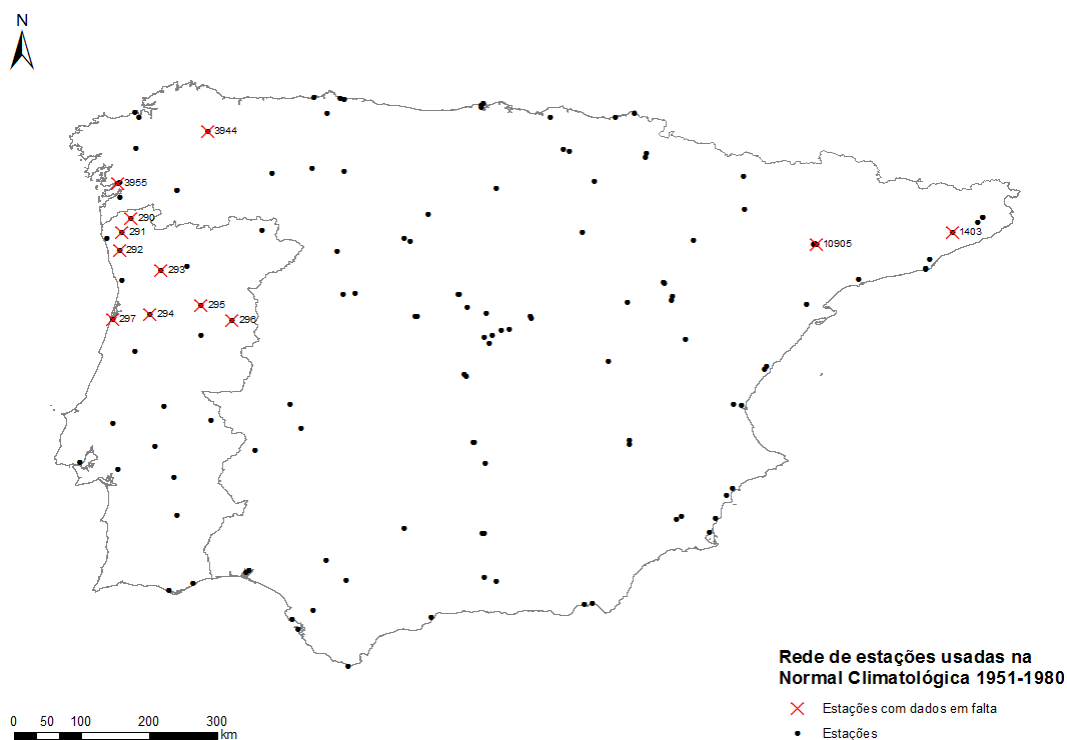


Figura 3.2 – Estações com dados em falta para a Normal Climatológica 1951-1980

Neste período verificou-se que para as estações com as referências 290 a 297 e 3944 não existiam dados de TN, TX e DTR e para as estações 1403, 3955 e 10905 estavam em falta dados de R95pTOT, R95T, RX5D e CDD

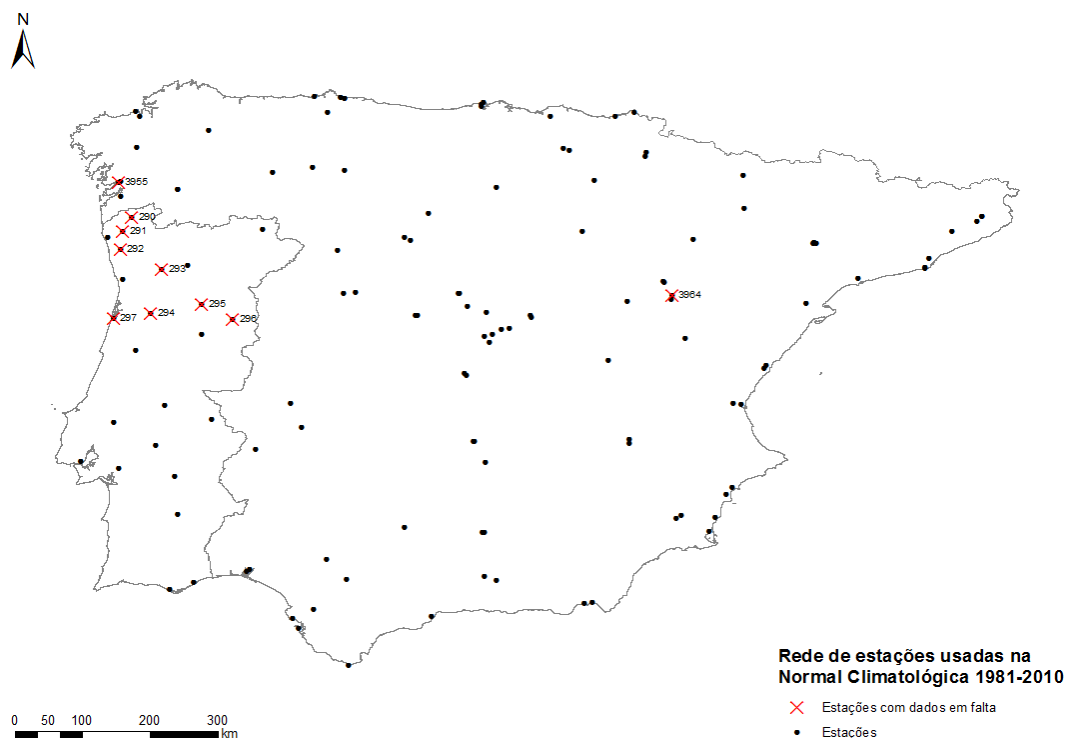


Figura 3.3 - Estações com dados em falta para a Normal Climatológica 1981-2010

Neste período verificou-se também que para as estações com as referências 290 a 297 não existiam dados de TN, TX e DTR para estação 3955 estavam em falta dados de R95pTOT, R95T, RX5D e CDD e na estação 3964 não existiam dados de R95pTOT e R95T.

Por forma a fazer uma análise exploratória dos dados, foi efetuada uma análise estatística dos mesmos, os resultados dessa análise estão apresentados na Tabela 3.2

Tabela 3.2 - Estatística descritiva dos Índices (Dados das Estações)

Índice	Período	Min	Max	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3
TX	[1951; 1980]	7,21	26,08	19,41	19,59	2,86	17,36	21,56
	[1981; 2010]	9,02	26,66	20,23	20,35	2,74	18,21	22,26
TN	[1951; 1980]	0,76	15,78	9,11	9,33	2,86	7,01	11,13
	[1981; 2010]	2,13	16,96	9,57	9,73	2,91	7,52	11,79
DTR	[1951; 1980]	3,3	17,38	10,29	10,48	2,3	8,90	10,14
	[1981; 2010]	3,16	16,92	10,66	10,96	2,38	8,98	12,46
R95pTOT	[1951; 1980]	0	70,26	20,89	20,53	11,68	13,11	27,93
	[1981; 2010]	0	66,37	19,97	19,4	11,84	17,79	27,17
R95T	[1951; 1980]	0	32,00	3,80	2,90	3,30	1,60	4,90
	[1981; 2010]	0	38,0	4,00	3,10	3,60	1,60	5,50
Rx5day	[1951; 1980]	15	453,6	96,60	81,75	55,82	57,80	117,60
	[1981; 2010]	18,3	455	91,85	80,1	50,60	56,60	113,00
CDD	[1951; 1980]	11	198	49,66	42	28,12	28	65,00
	[1981; 2010]	10	179	52,33	44	29,99	30	66,00

Após observação da tabela anterior, podemos concluir que todos os índices apresentam uma distribuição simétrica, uma vez que a média é aproximadamente igual à mediana. Podemos também observar que com a exceção de DTR, que apresenta uma variabilidade média e TX que apresenta uma variabilidade baixa, todos os outros índices apresentam uma variabilidade elevada.

### 3.2.2. Dados *Grid* E-OBS

Através do sítio do *European Climate Assessment & Dataset* (ECA&D, 2015) foram descarregados dados de alta resolução em grelha para a precipitação e médias temperaturas de superfície mínimas e máximas, para o período de 1950-01-01 a 2014-12-31. Estes dados estão disponíveis em quatro resoluções espaciais distintas (Haylock, 2008), para este trabalho foi escolhida a resolução mais fina disponível, 0,25°x0,25°. Cada Conjunto de Dados foi definido de modo a providenciar a melhor estimativa possível do valor de cada célula, para tal é empregue um processo de interpolação de três passos (Haylock, 2008). Os dados utilizados foram descarregados do sítio do ECA&D e são compostos por três ficheiros distintos relativos à TX, TN e PP. Estes ficheiros estão em formato NetCDF, e de



modo a obter os índices usados neste relatório foram extraídos e calculados através do programa MATLAB. Na Figura 3.4 está mostrada a grelha usada no cálculo e representação dos índices climatológicos.

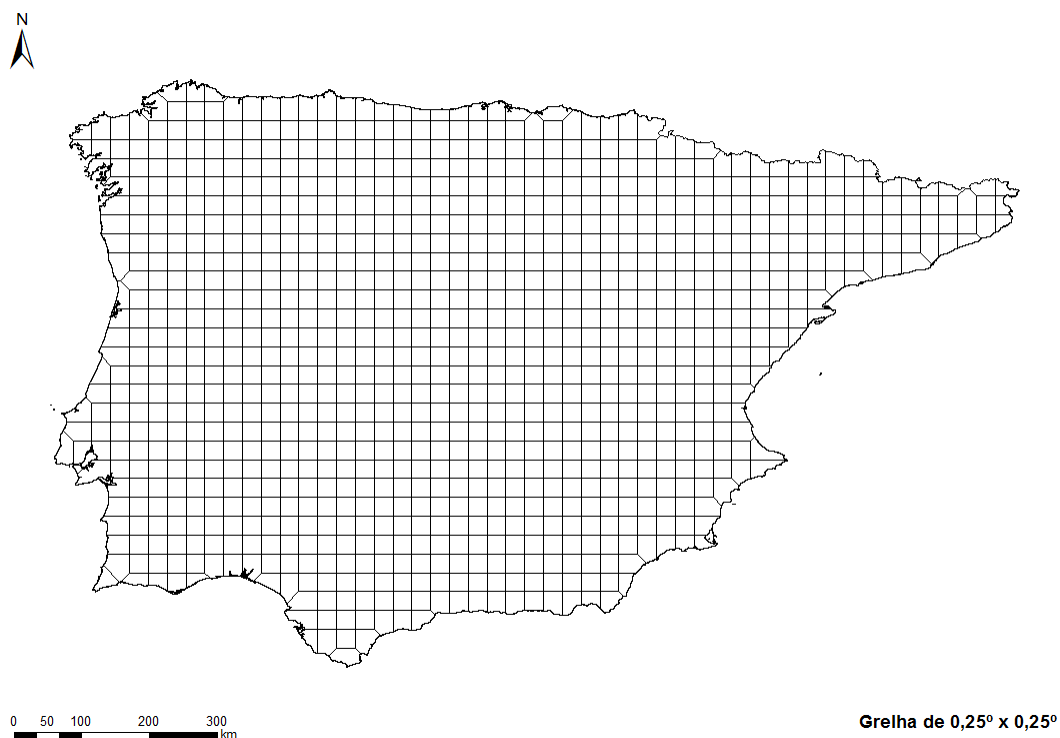


Figura 3.4 – Definição da grelha de 0,25° x 0,25°

À semelhança do que foi feito para os dados provenientes das estações, por forma a fazer uma análise exploratória dos mesmos, foi efetuada uma análise estatística destes. Os resultados dessa análise estão apresentados na Tabela 3.3

Tabela 3.3 - Estatística descritiva dos Índices (Dados *Grid E-OBS*)

Índice	Período	Min	Max	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3
TX	[1951; 1980]	6,51	25,89	18,66	18,79	2,89	16,60	21,01
	[1981; 2010]	7,36	26,58	19,61	19,90	2,86	17,66	21,86
TN	[1951; 1980]	-2,38	15,24	7,66	7,83	2,52	5,87	9,59
	[1981; 2010]	-1,22	15,96	8,29	8,45	2,66	6,29	10,26
DTR	[1951; 1980]	5,71	15,48	11,00	11,07	1,50	10,07	12,05
	[1981; 2010]	5,26	15,64	11,32	11,56	1,54	10,35	12,42
R95pTOT	[1951; 1980]	5,09	73,20	20,37	19,18	6,93	15,36	24,10
	[1981; 2010]	6,37	81,05	20,16	19,05	6,56	15,38	23,74

Índice	Período	Min	Max	Média	Mediana	Desvio Padrão	Q1	Q3
R95T	[1951; 1980]	0,01	0,19	0,04	0,03	0,02	0,03	0,05
	[1981; 2010]	0,01	0,22	0,04	0,04	0,02	0,03	0,05
Rx5day	[1951; 1980]	10,70	353,80	75,85	66,30	38,68	48,60	92,00
	[1981; 2010]	14,50	362,40	73,94	65,70	35,43	48,80	89,90
CDD	[1951; 1980]	11,00	195,00	53,66	46,00	29,58	30	71,00
	[1981; 2010]	11,00	187,00	55,12	47,00	29,42	32	71,00

### 3.3. METODOLOGIA

#### 3.3.1. Interpolação por *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Foram construídos mapas de IDW (*Inverse Distance Weighting*) para cada índice climático e para cada Normal Climatológica. Para produzir os mapas de IDW usou-se o programa *ArcGIS 10.2* e a sua extensão *Geostatistical Analyst*.

Neste método de interpolação considera-se que pontos mais próximos têm mais peso, isto é, é feita uma média ponderada em função da distância. Assim, quanto maior a distância entre dois pontos, menos significativa será o “peso” que a distância terá no cálculo da média (Lou, Taylor, & Parker, 2008). Esta abordagem é comumente utilizada para a interpolação de dados climáticos (Legates & Willmott, 1990). Como já se disse o IDW assume que cada ponto tem uma influência local que diminui com a distância. A forma exata deste interpolador é (Burrough & Goodchild, 1998):

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}}$$

Onde,  $\hat{z}(x_0)$  e  $z(x_i)$  representam o valor estimado e o valor observado na localização  $x_0$  e  $x_i$ ,  $n$  o numero de amostras,  $d_{ij}$  a distancia entre os valores conhecidos e o estimado e  $r$  o expoente de ponderação (peso). Esta formula dá aos pontos perto do ponto de interpolação pesos relativamente altos enquanto que aos mais distantes lhes confere pouca influência. Quanto maior o peso usado, mais influencia se dará aos pontos que se localizam perto de  $x_0$ . Segundo Caruso & Quarta, (1998) as principais vantagens deste método são a sua simplicidade, a produção de resultados razoáveis para uma ampla variedade de dados. Por outro lado, existem alguns inconvenientes. Em primeiro lugar, este método é muito sensível ao expoente de ponderação sendo que este pode afetar significativamente os resultados da interpolação (Lou, Taylor, & Parker, 2008). Em segundo lugar, este método pode ser afetado pela distribuição irregular de pontos de dados. Finalmente, o método tem características preditivas escassas: por exemplo os máximos e mínimos globais são apenas estimados nas localizações amostradas, devido ao efeito suavizador do interpolador.

Foram efetuadas várias tentativas, com o objetivo de se chegar a um erro médio, *mean error*, o mais próximo possível de zero, e de *root mean square error* (RMSE), erro médio quadrático, o mais baixo possível. O erro médio é usado para detetar se a predição é enviesada ou não, i.e. se está centrada nos valores medidos e o RMSE indica a precisão do interpolador, quanto mais baixo, mais preciso

este é. Estas tentativas foram feitas alterando o valor máximo e mínimo do número de amostras para a interpolação de cada ponto e modificando o tipo de sector usado no cálculo. Na Tabela 3.4 são apresentados os valores finais usados no cálculo do IDW para os dados provenientes das estações climatológicas e na Tabela 3.5. os dados provenientes da grelha 0,25° x 0,25°

Na Tabela 3.4 e Tabela 3.5 estão apresentados os valores para o “Tipo de Sector”, “Min. De Vizinhos” e “Max. De Vizinhos” usados no cálculo dos mapas IDW para cada índice, assim como o valor do erro médio “Mean Error” e do erro médio quadrático (RMSE) obtidos com o uso dos mesmos. Esta tabela mostra apenas os valores finais usados no cálculo, pois foram efetuadas várias tentativas, com diversos valores para o “Tipo de Sector”, “Min. De Vizinhos” e “Max. De Vizinhos” com o objetivo de obter o “Mean error” e o RMSE o mais baixo possível.

Tabela 3.4 – Valores utilizados (Dados das Estações)

Índice	Anos	Tipo de Sector	Min. vizinhos	Máx. vizinhos	Mean error	RMSE
TX	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,0439	4,7265
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,1950	1,6572
TN	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,1290	1,5885
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,1218	1,5137
DTR	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,0457	1,6060
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,0731	1,6424
R95pTOT	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	10	0,00074	1,9231
	[1981; 2010]	Circunferência com 8 sectores	5	5	-0,0285	3,3943
R95T	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,00042	0,0086
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,00063	0,0105
Rx5day	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	-1,2127	25,817
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	10	15	-1,7324	21,743

Índice	Anos	Tipo de Sector	Min. vizinhos	Máx. vizinhos	Mean error	RMSE
CDD	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,0439	4,7264
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	22	10	0,0495	8,2434

Tabela 3.5 - Valores utilizados (Dados *Grid* E-OBS)

Índice	Anos	Tipo de Sector	Min. vizinhos	Máx. vizinhos	Mean error	RMSE
TX	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0338	5,4862
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0254	1,2258
TN	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0224	1,3754
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0197	0,8745
DTR	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0219	0,3299
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	2	3	0,0197	0,3088
R95pTOT	[1951; 1980]	Circunferência com 1 sector	10	15	0,00074	0,0201
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	10	15	0,00056	0,0200
R95T	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,00042	0,0086
	[1981; 2010]	Circunferência com 1 sector	2	4	0,00063	0,0105
Rx5day	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	-0,0266	6,0315
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	2	4	-0,0241	5,9214
CDD	[1951; 1980]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0223	2,5274
	[1981; 2010]	Circunferência com 4 sectores	2	4	0,0145	2,3311

### 3.3.2. Self Organizing Maps – SOM

Os *Self Organizing Maps* (SOM), também chamados de mapas de Kohonen, são um método introduzido por Tuevo Kohonen nos anos oitenta. Este é um método de análise de dados, que tem a capacidade de organizar dimensionalmente dados complexos em grupos (*clusters*), em que a similaridade das relações entre dados é preservada. Por outras palavras, é capaz de agrupar os dados, mas ao mesmo tempo também é capaz de os ordenar (Kohonen, 2014). Este método tem sido usado em áreas tão diversas como a ciência a tecnologia as finanças e muitas outras áreas desde 1982, Mais de 10 000 publicações científicas e mais de 20 livros foram publicados acerca deste tema (Kohonen, 2014). Apesar de para as versões mais simples do algoritmo já terem sido apresentadas inúmeras descrições e justificações matemáticas, ainda não se conseguiu encontrar uma para a dimensionalidade e distribuição geral dos dados, que prove a convergência do mesmo. No entanto, com uma escolha adequada dos parâmetros, normalmente o algoritmo converge, produzindo mapeamentos ilustrativos e uteis, podendo assim a correção dos mapas criados ser analisada e verificada (Kohonen, 2014).

Ultsch (1993) e Kraaijveld (1995) desenvolveram um método gráfico para ilustrar o grau de tendência de *clustering* de um SOM. Na sua forma mais básica, células intersticiais são adicionadas entre as células originais do SOM. Por exemplo se tivermos uma matriz SOM de 8 por 7 células, após a adição das novas células a nova matriz ficará com 15 por 13 células. De notar que estas células extra não são envolvidas no algoritmo do SOM, só as originais 8 por 7 é que são treinadas. As células adicionais representarão então, através de um código de cores, normalmente numa escala de cinzentos, onde as cores mais claras representarão as médias das distâncias mais curtas e as mais escuras as médias das distâncias mais afastadas, criando assim uma “paisagem de *clusters*” (Kohonen, 2014) chamada de Matriz-U ou no seu original *U-Matrix* onde se podem visualizar os *clusters* encontrados.

Desde 1989, inúmeros programas e *suites* de SOM têm sido publicados, por diversos autores. Alguns destes *softwares* são *freeware*, outros são comerciais e há ainda muitos investigadores que usam programas de SOM especificamente desenvolvidos por eles para colmatar as suas próprias necessidades (Kohonen, 2014). Este relatório faz uso de um destes *softwares* qui descritos, o GeoSOM.

O GeoSOM Suite é uma ferramenta, que é uma extensão de SOM's propostos em (Bação, Lobo, & Painho, 2008), esta aplicação é especialmente adequada para o uso em Geo Data Mining. O GeoSOM implementa a Primeira Lei de Tobler “*todas as coisas estão relacionadas, mas aquelas que se encontram mais próximas estão mais relacionadas*” (Tobler W. R., 1970). Embora Tobler reconheça que a primeira parte da afirmação nem sempre é verdade, (Tobler W. R., 2004), é provável que a correlação seja maior a distâncias mais curtas (Henriques, Bação, & Lobo, 2012). Assim sendo, o GeoSOM, procura *clusters* locais no espaço geográfico, em vez de *clusters* globais produzidos por SOM's padrão.

A suíte GeoSOM é implementada em Matlab e utiliza a ferramenta de domínio público SOM toolbox, basicamente, esta, consiste numa série de rotinas Matlab (M-Files). A interface gráfica foi construída de modo a permitir a usuários não programadores a possibilidade de avaliar os algoritmos SOM e GeoSOM, e de explorá-los com ferramentas básicas de GIS. A suíte GeoSOM está disponível gratuitamente no [www.isegi.unl.pt/labnt/geosom](http://www.isegi.unl.pt/labnt/geosom) (Henriques, Bação, & Lobo, 2012).

Relativamente aos cálculos efetuados neste relatório, foram efetuadas duas análises com redes neuronais, mais concretamente com *Self Organizing Maps* (SOM), uma para cada Normal Climatológica, 1951-1980 e 1981-2010, com as 7 variáveis escolhidas anteriormente, (TX, TN, DTR, R95Ptot, R95T, Rx5day E CDD). O objetivo é o de produzir um mapa climatológico que sintetize a variabilidade climática capturada pelos índices de precipitação e temperatura, em cada período. De referir, que para a obtenção dos valores dos índices em falta indicados em 3.2.1, foram usados os valores obtidos através da análise por IDW.

Este tipo de redes neuronais é capaz de organizar informação num espaço bidimensional usando um vetor de duas dimensões de neurónios (Henriques & Bação, 2004). Para efetuar estas análises e subsequentemente produção dos mapas resultantes, foi utilizado o programa GeoSOM (Henriques, Bação, & Lobo, 2012).

Para a produção dos mapas que sintetizassem a variabilidade climática capturada pelos índices de precipitação e temperatura, em cada período, foi definido, com base na classificação climática de Köppen-Geiger (Kottek, Griesser, Beck, Rudolf, & Rubel, 2006), que se usariam no máximo quatro *clusters*, aproximando assim o número de *clusters* ao número de regiões climáticas encontradas na Península Ibérica, Figura 3.5. Apesar de estarem definidas treze regiões climáticas na figura, dado o objetivo deste relatório simplificou-se esta classificação e selecionaram-se as regiões que apresentam maior representação na Península Ibérica, sendo elas e segundo a classificação de Köppen-Geiger as indicadas na Tabela 3.6

De notar que a classificação climática de Köppen-Geiger se baseia em condições climáticas médias e este relatório considera índices climáticos extremos, no entanto a simplificação efetuada permanece válida.

Tabela 3.6 – Regiões climáticas de Köppen-Geiger para a Península Ibérica (simplificadas)

Designação	Caracterização	Localização
<i>Cfb</i>	Clima temperado sem estação seca com Verão temperado	Localiza-se na cordilheira da Cantábrica, no Sistema Ibérico, parte da meseta norte e grande parte dos Pirenéus excetuando áreas de maior altitude
<i>Csb</i>	Clima temperado com Verão seco e temperado	Abrange a maior parte do noroeste da Península, assim como quase todo o litoral oeste de Portugal Continental e numerosas áreas montanhosas do interior da Península

Designação	Caracterização	Localização
<i>Csa</i>	Clima temperado com Verão seco e quente	É a variedade de clima que abrange uma maior extensão da Península Ibérica, ocupando aproximadamente 40% da sua superfície. Estende-se pela maior parte da metade sul e das regiões costeiras mediterrânicas, com exceção das zonas áridas da parte sueste
<i>BSh</i>	Estepe quente	Em Espanha estende-se amplamente pelo sueste da Península e vale do Ebro e, em menos extensão, na meseta sul, Estremadura e Ilhas Baleares. Em Portugal abrange apenas uma pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja

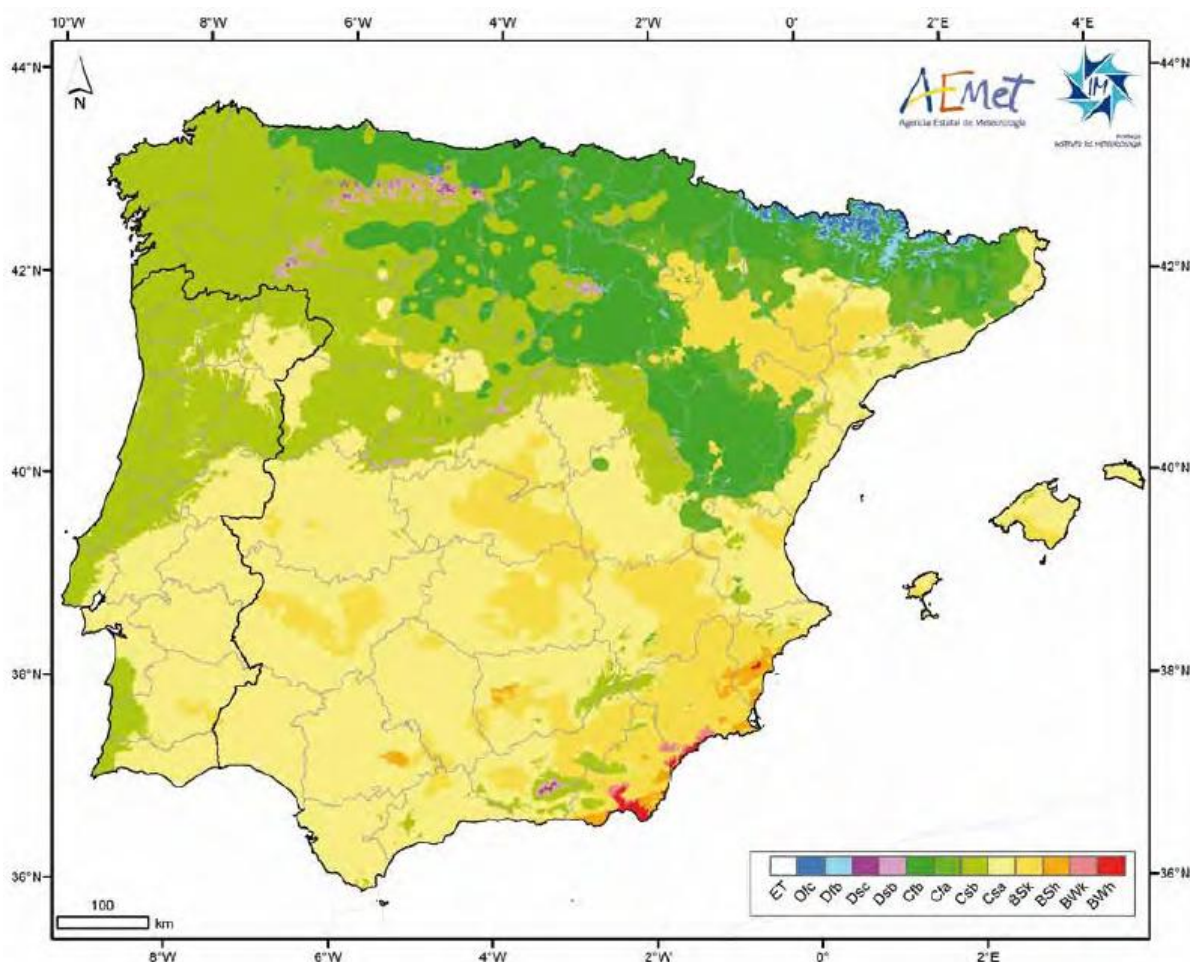


Figura 3.5 - Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica (Agencia Estatal de Meteorología; Instituto de Meteorologia de Portugal, 2011)

Para representação dos *clusters* encontrados, foi produzido um mapa com polígonos de Thiessen, Figura 3.6, em que cada polígono tem como centroide uma estação.



Figura 3.6 – Divisão em Polígonos de Thiessen

Cada análise foi feita em duas etapas, na primeira foi feita uma análise mais grosseira (*batch train*) para ter uma aferição mais generalista das influências de cada parâmetro, seguida de uma análise mais fina (*sequential train*) com o objetivo de se encontrar os parâmetros ideais para a produção da matriz U. Para a verificação dos resultados da alteração de parâmetros e comparação entre os testes, foram usados o  $Q_{error}$  e o  $T_{error}$ . O  $Q_{error}$  é usado para medir a precisão da representação dos dados no mapa e o  $T_{error}$  (*Topografical error*) está relacionado com a preservação da topologia do *Self Organizing Map* (SOM).

Uma vez que se pretende limitar os resultados das análises a quatro *clusters* restringiu-se a dimensão do SOM a uma matriz linha com quatro neurónios onde cada um representará um *cluster*.

De referir, que os dados, antes da sua introdução no SOM, foram normalizados, isto porque *inputs* com valores numéricos muito elevados tendem a adquirir demasiada importância no funcionamento do modelo, degradando a sua performance, sendo por isso essencial proceder à normalização dos inputs para que se apresentem na mesma amplitude de valores (Al Shalabi, Shaaban, & Kasasbeh, 2006). A normalização utilizada foi a Min-Max, esta opera uma transformação linear da amplitude original dos valores de *input*, para uma amplitude pré-determinada (neste caso entre 0-1). O valor mínimo da distribuição inicial  $min1$ , é transformado para um novo mínimo  $min2$ , o mesmo acontecendo com o valor máximo  $max1$  que passa a  $max2$ . Todos os pontos entre estes dois valores são transformados linearmente para a nova escala.

A fórmula matemática do procedimento Min-Max de normalização é a seguinte:

$$y' = \left( \frac{y - min1}{max1 - min1} \right) (max2 - min2) + min2$$

Este procedimento preserva intactas todas as relações entre os valores, não introduzindo qualquer enviesamento nos dados (a forma dos histogramas é preservada).



## 4. RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS – DADOS DAS ESTAÇÕES

Para melhor perceber o modo como orografia e a proximidade do mar influenciam, ou podem influenciar a variação dos índices em estudo na comparação das duas normais climatológicas [1951-1980] e [1981-2010], foram produzidos 2 tipos de mapas para cada índice. Um mapa contínuo com células de dimensão igual às dos dados retirados do sítio do *European Climate Assessment & Dataset project* (ECA&D, 2015) e outro de contornos que permitirá perceber o efeito da orografia na distribuição do índice em estudo.

#### 4.1.1. TX - Média da Temperatura Máxima

Aquando da análise deste índice (Figura 3.4 e Figura 3.5), verifica-se desde logo um uma diferença notória entre as duas normais climatológicas em estudo, após comparação dos dois mapas é notório que a média das máximas diárias aumenta claramente em toda área de estudo. Todo o gradiente de temperatura aumenta Norte para Sul, mantendo só os picos mais elevados da Serra da Estrela, Cordilheira Cantábrica, Cordilheira Central e Pirenéus, o mesmo nível de temperatura

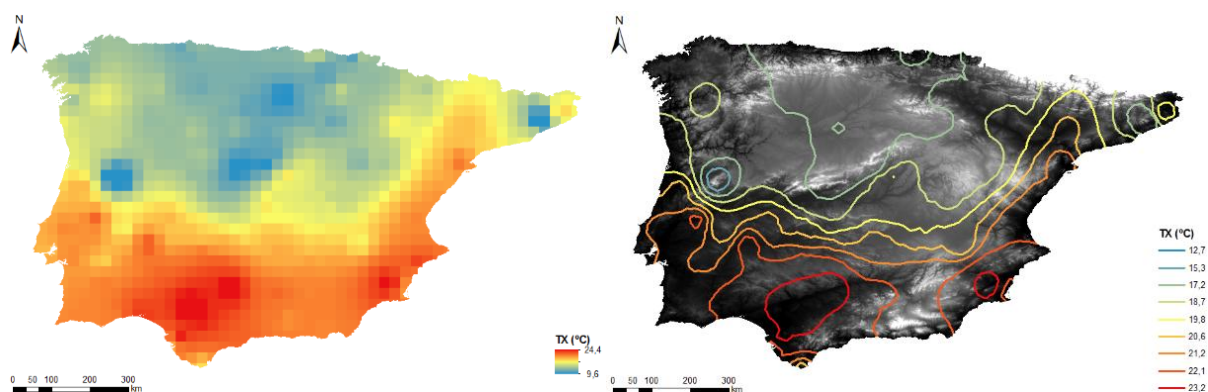


Figura 4.1 - Média da temperatura máxima (TX) [1951; 1980]

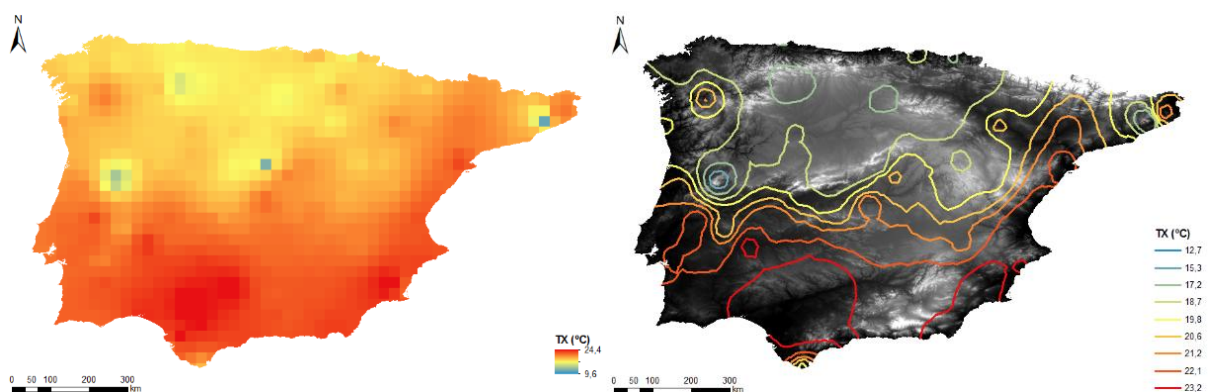


Figura 4.2- Média da temperatura máxima (TX) [1981; 2010]

#### 4.1.2. TN – Média da Temperatura Mínima

Nesta comparação a diferença entre as duas normais climatológicas (Figura 3.6 e Figura 3.7), está mais esbatida, no entanto não deixam de se verificar alterações importantes. Verifica-se que o gradiente da média da temperatura mínima subiu na normal (TN) de [1981; 2010], principalmente na parte Sul a Península Ibérica, mas também na Meseta Norte e Bacia do Ebro que agora apresenta valores mais elevados.

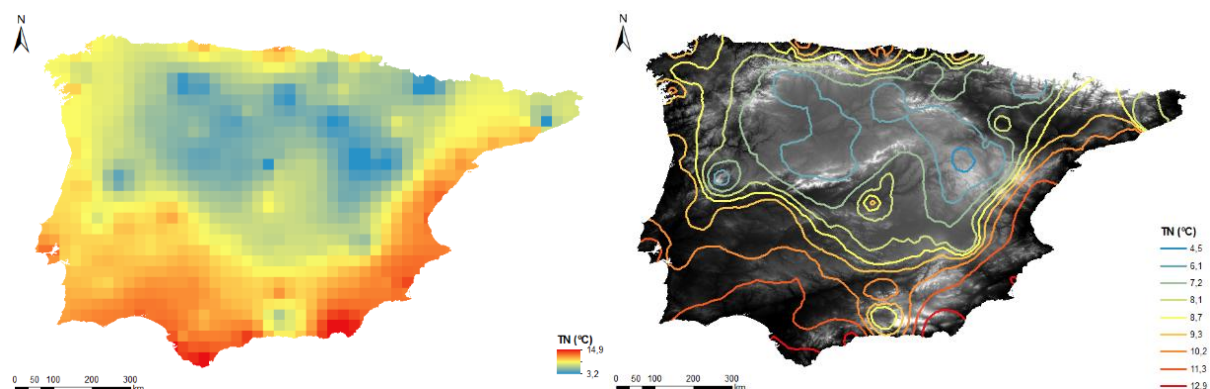


Figura 4.3 - Média da temperatura mínima (TN) [1951; 1980]

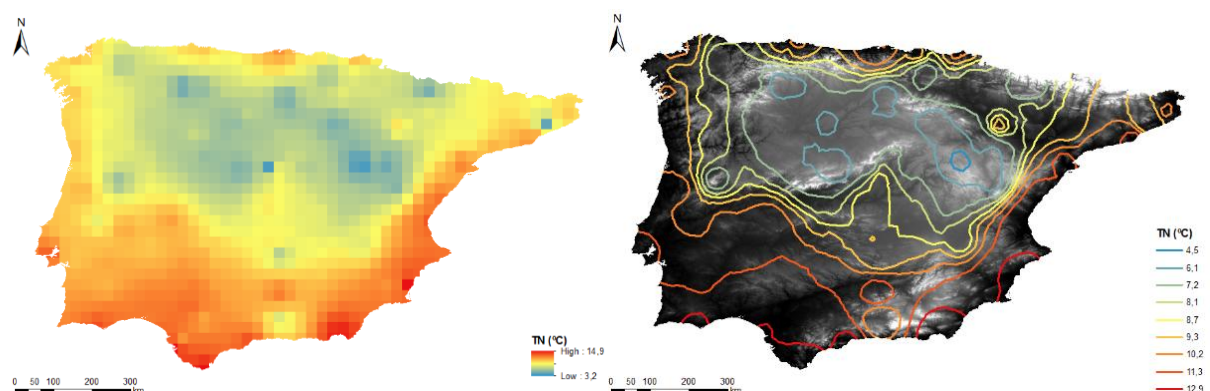


Figura 4.4 - Média da temperatura mínima (TN) [1981; 2010]

#### 4.1.3. DTR – Média da Amplitude Térmica Diária

Na observação das duas normais climatológicas (Figura 3.8 e Figura 3.9), verificam-se algumas diferenças entre as mesmas, sendo a mais significativa a que se encontra ao nível da Meseta Norte que apresenta na normal climatológica mais recente [1981; 2010] uma média da amplitude de térmica diária mais elevada, de notar também um aumento generalizado da média da amplitude de térmica diária por toda a área de estudo, que pode indiciar um aumento generalizado da média das temperaturas máximas (TX).

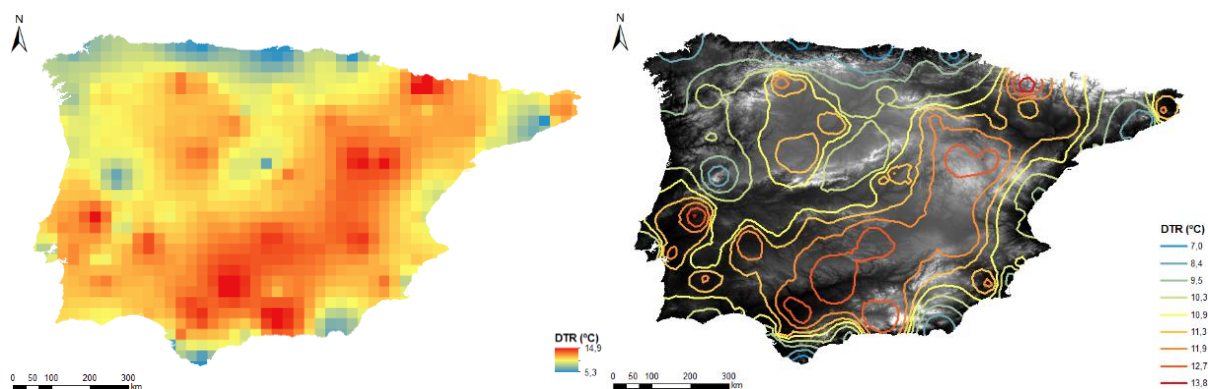


Figura 4.5 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1951; 1980]

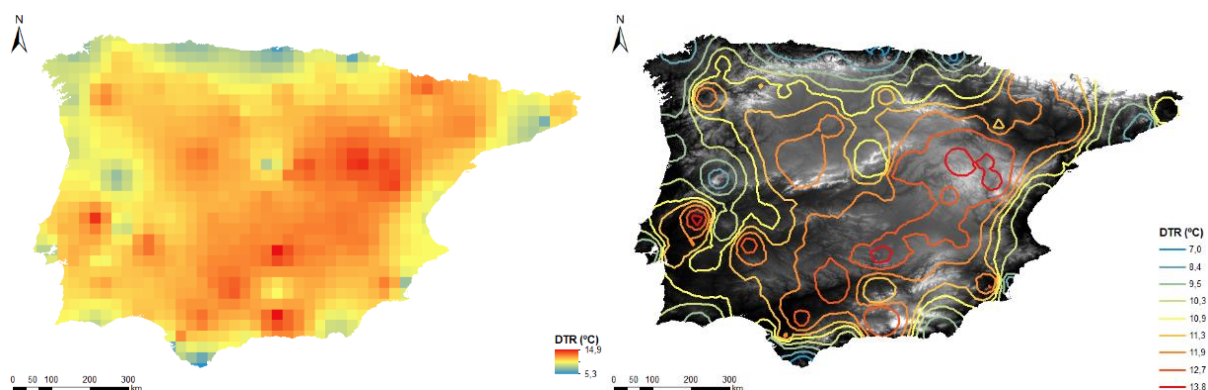


Figura 4.6 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1981; 2010]

#### 4.1.4. CDD - Número de Dias Secos Consecutivos

Novamente quando comparadas as duas normais climatológicas verificam-se algumas mudanças (Figura 3.10 e Figura 3.11). Na Normal de [1981-2010], é observável o aumento de número de dias secos consecutivos em toda a área de estudo, esse aumento é mais visível na zona na Meseta Central, no Litoral Vestibular Levantino e a Sul da Cordilheira Catalã. Encontra-se um notável aumento também na zona Este dos Pireneus / Norte da Cordilheira Catalã.

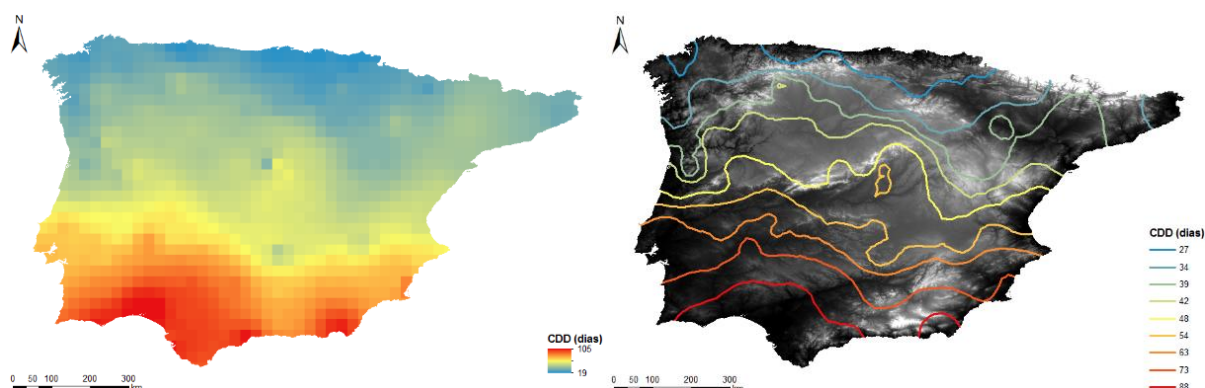


Figura 4.7 - Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980]

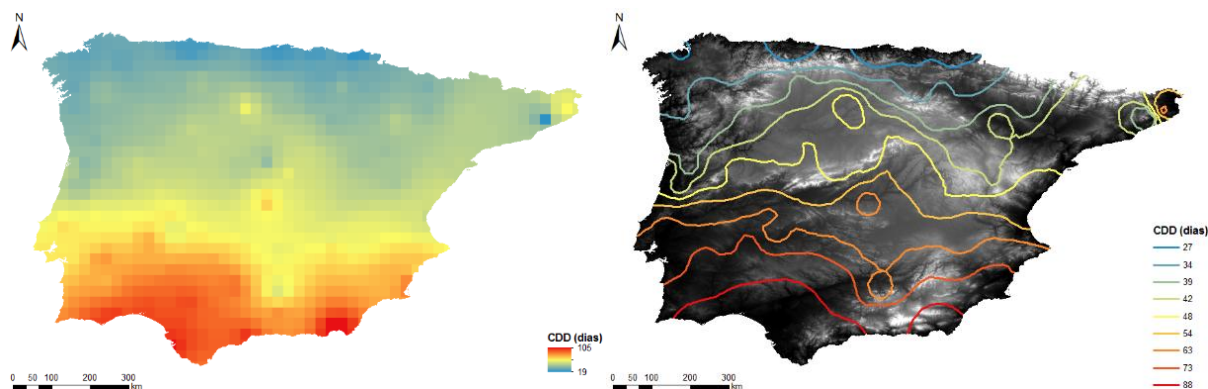


Figura 4.8 - Número de dias secos consecutivos (CDD) [1981; 2010]

#### 4.1.5. R95pTOT - Fração de Precipitação Devido a Dias Muito Húmidos

Nesta análise encontram-se alterações em praticamente toda a área de estudo, de entre todas as zonas, pode-se destacar, um aumento da fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTOT) no período de [1981; 2010], nas Montanhas Astur-lonesas e centro da Meseta Central e uma diminuição acentuada no extremo Nascente dos Pirenéus e Cordilheira Catalã (Figura 3.12 e Figura 3.13).

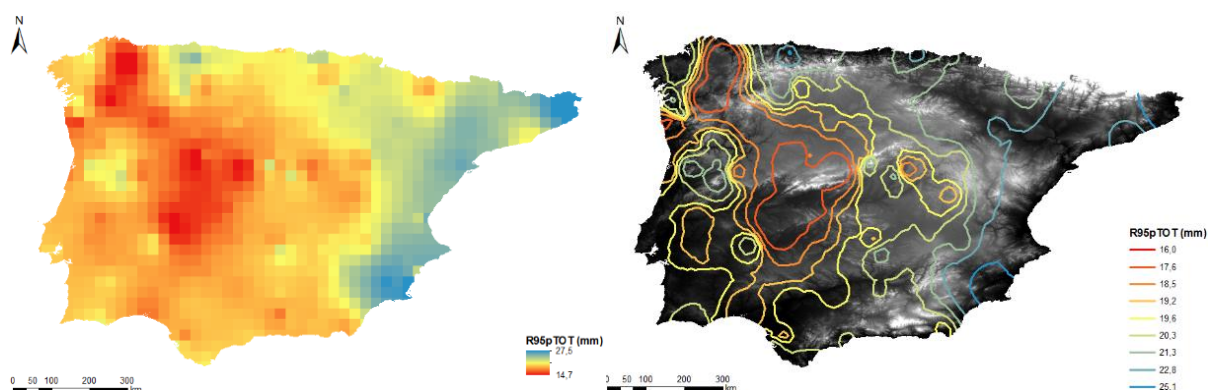


Figura 4.9 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1951; 1980]

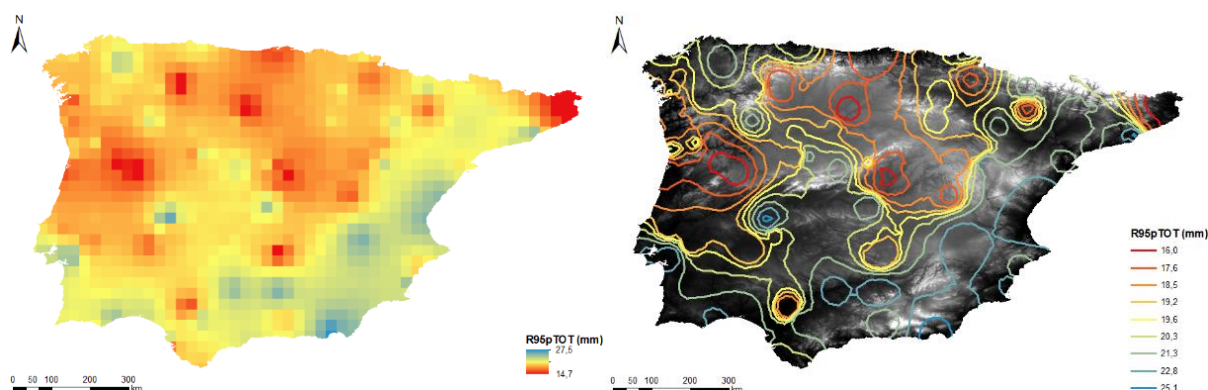


Figura 4.10 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1981; 2010]



#### 4.1.6. R95T - Fração Total de Precipitação Devido a Eventos de Chuva Acima do Percentil 95

Observando os mapas produzidos pelas duas normais climatológicas para este índice (Figura 3.14 e Figura 3.15), encontram-se algumas diferenças, mas relativamente pouco pronunciadas, verifica-se uma diminuição da fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) na normal de [1981-2010], em quase todo o lado Nascente da Península Ibérica.

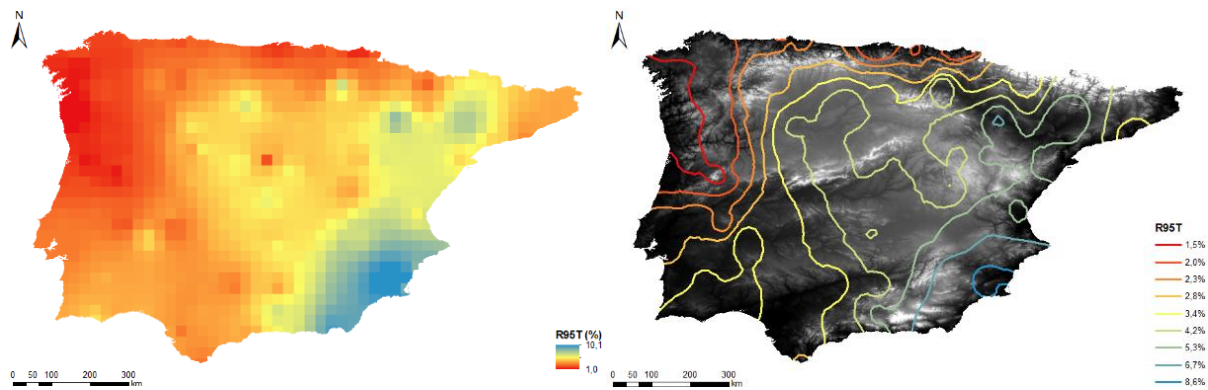


Figura 4.11 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1951; 1980]

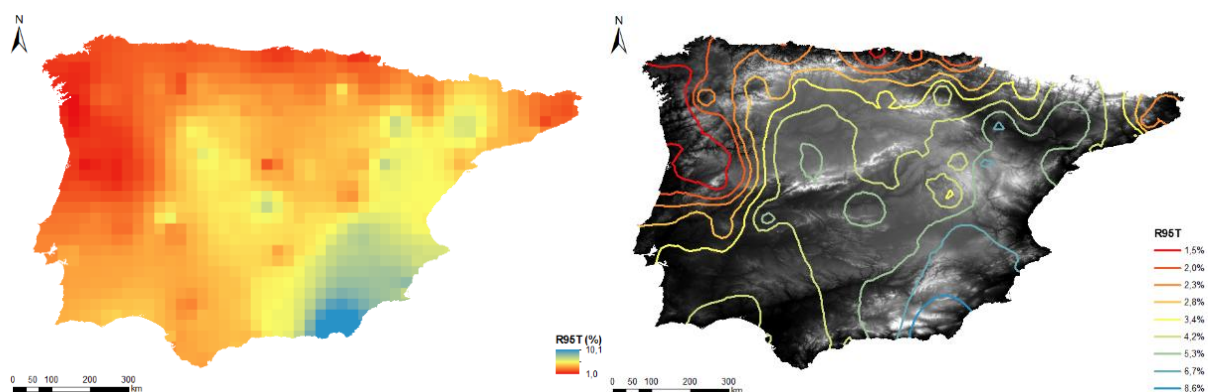


Figura 4.12 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1981; 2010]

#### 4.1.7. Rx5day - Precipitação Máxima Acumulada em 5 Dias Consecutivos

Nesta observação, verifica-se que na normal de [1981-2010] existe uma diminuição da precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos generalizada, mas mais acentuada na região litoral Poente da Galiza montanhosa, Norte de Portugal montanhoso e na região Nascente dos Pirenéus (Figura 3.16 e Figura 3.17). Nestes mapas, torna-se mais evidente a existência de um ponto estranho no centro da Península Ibérica, junto a Madrid. Este ponto estranho também se observa nos mapas dos outros índices, mas de maneira não tão óbvia. Este problema (*bull's eye*) decorre da estação meteorológica em questão com a identificação (Station ID – STAID) 232 se encontrar a uma altitude muito diferente das vizinhas, 1894 metros, estando as mais próximas a estação 3945 e a estação 3962 a 1004 e 990 m de altura, respetivamente.

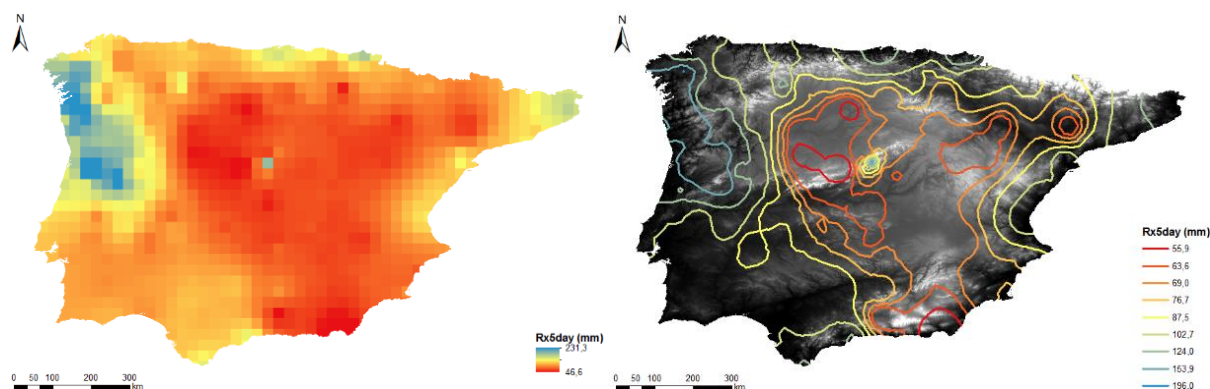


Figura 4.13 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1951; 1980]

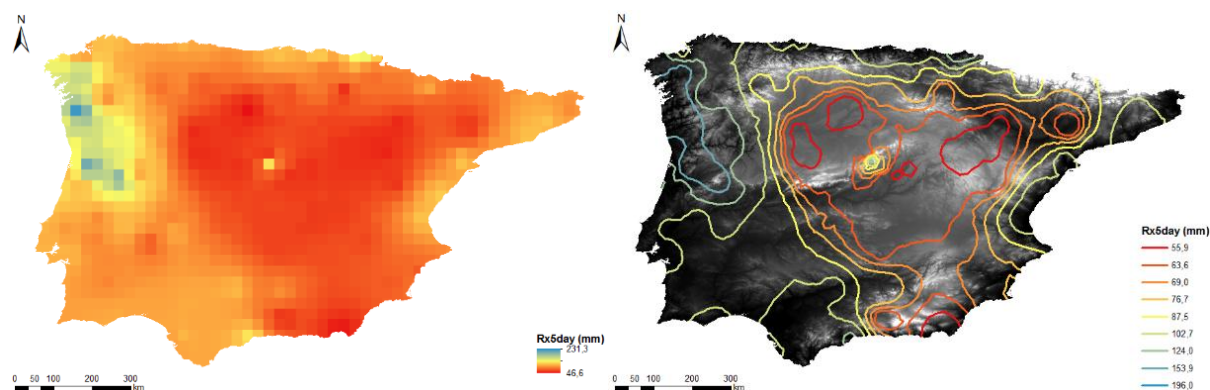


Figura 4.14 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1981; 2010]

## 4.2. REGIÕES CLIMÁTICAS DA PENÍNSULA IBÉRICA – DADOS DAS ESTAÇÕES

### 4.2.1. Normal Climatológica 1951-1980

Na 1 são apresentados os valores finais usados no cálculo do SOM para as duas normais climatológicas [1951-1980] e [1981-2010], em que X e Y são as dimensões da rede neuronal (nas direções x e y), Itera1 e Itera2, o número de iterações realizadas em cada época e Radio 1 e Radio 2 representam o raio da vizinhança a ser utilizado.

Tabela 4.1 - Valores utilizados no cálculo dos SOM (Dados das Estações)

Índice	1951-1980	1981-2010
X	4	4
Y	1	1
Itera1	100	100
Itera2	200	200
Radio1	4	4
Radio2	2	2
Q <sub>error</sub>	0.352732	0.320101

Índice	1951-1980	1981-2010
$T_{\text{error}}$	0.0725806	0.107692

Como se pode observar na Figura 4.15, estão identificados quatro *clusters*, como se pretendia, o que resulta na identificação de 4 regiões climáticas distintas Figura 4.16.

Uma primeira região identificada pelo *cluster 1*, encontra-se localizada numa faixa que abarca o litoral das Montanhas Cantábricas e Montanhas Astur-leonesas (aqui encontra-se uma descontinuidade que abarca parte das Montanhas Astur-leonesas), Galiza Montanhosa, Norte de Portugal Montanhoso, Serra da Estrela e ainda parte interior da Bacia dos Tejo. Existe também uma área significativa deste *cluster* numa secção no extremo Oeste da PI. Este *cluster* é caracterizado (Figura 4.17) por ter o valor mais elevado do índice Rx5day, e os valores mais baixos, de entre os 4 *clusters* identificados, dos índices R95T, CDD e DTR. Uma vez que se encontra o valor mais elevado do índice Rx5day associado a um R95T e CDD baixos, poderá concluir-se que se tratará da zona onde se encontra níveis mais elevados de precipitação, quando comparada com as 4 zonas identificadas e em estudo. Relativamente à temperatura, este *cluster* apresenta a menor amplitude térmica de entre as zonas em estudo, o índice DTR é o menor dos 4 *clusters*. Apresenta também, em conjunto com o *cluster 2* a média das temperaturas máximas (TX) mais baixa dos 4 *clusters* identificados.

A segunda região, identificada pelo *cluster 2*, abarca parte das Montanhas Astur-Leonesas (descontinuidade indicada no *cluster 1*), a Meseta Norte e parte da Meseta Sul até aos Montes de Toledo, a Cordilheira Ibérica e parte dos Pirenéus (Figura 4.16). Este *cluster*, tem o valor de R95pTOT mais baixo de todos os *clusters*, assim como o de Rx5day. Quanto à temperatura, esta região tem a menor média da temperatura mínima e máxima (TN) e (TX), de todas as regiões.

O *cluster 3*, mostra uma nova região, que tem um desenvolvimento que compreende o Litoral Central, a Bacia do Tejo (parte), a Bacia do Sado, a Bacia do Guadiana e parte da Serra Morena, a zona meridional da Meseta Sul e da Cordilheira Ibérica, parte da Cordilheira Catalã e parte dos Pirenéus, existe também uma “península” que penetra na Bacia do Ebro (Figura 4.16). Este *cluster* tem o segundo valor mais elevado de R95T, indicando que os eventos extremos de precipitação têm uma contribuição significativa para o total de precipitação. Quanto à temperatura, verifica-se que o índice DTR é o mais elevado dos quatro *clusters*, indicando que existe uma grande amplitude térmica nesta região.

A última região, identificada pelo *cluster 4*, estende-se desde o Baixo Algarve, Serras Algarvias, abarca a zona meridional da Serra Morena e da Bacia do Guadalquivir, litoral da cordilheira Bética e parte do Litoral vestibular levantino. De ressaltar que existe uma descontinuidade desta *cluster* sensivelmente a meio do litoral da Cordilheira Bética. Existe também na área da Grande Lisboa uma região identificada por este *cluster*. Esta região é caracterizada por ter os valores mais altos de R95pTOT, R95T, CDD, TN e TX, (Figura 4.17). Esta apresentação de valores, indica que esta região é a mais seca das 4, (valor mais alto de R95T associado ao valor mais alto de CDD). A amplitude térmica, DTR é a segunda mais baixa, e estando associada aos valores de TN e TX mais elevados das 4 regiões, pode-se aferir que esta zona é a mais quente das quatro



Figura 4.15 - Normal Climatológica (1951-1980) - *Clusters* identificados na Matriz U

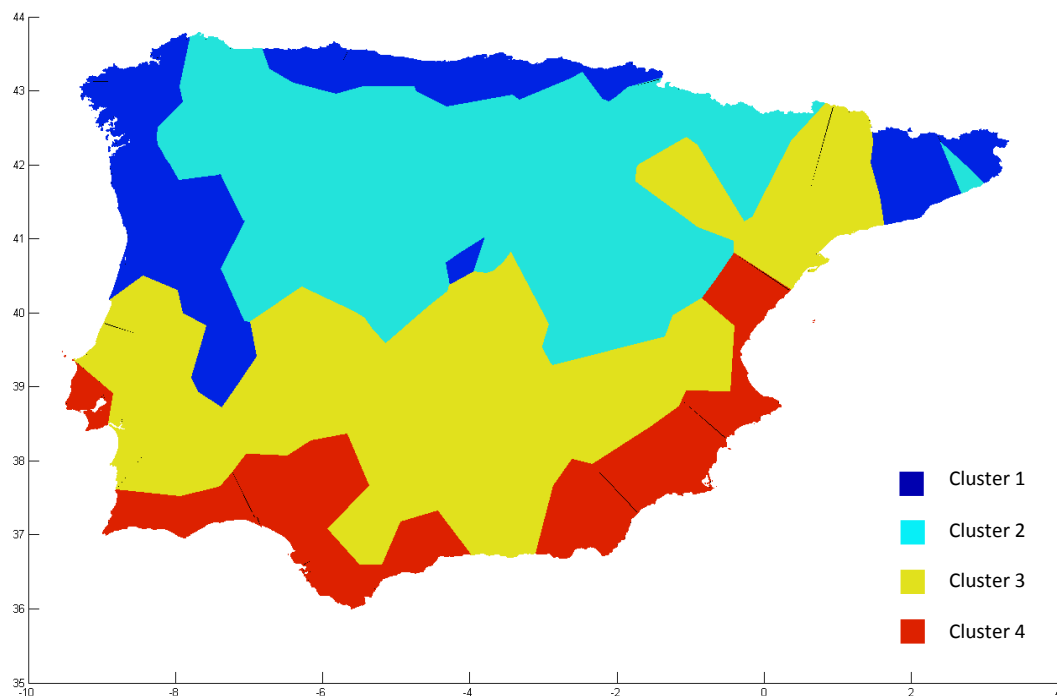


Figura 4.16 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados

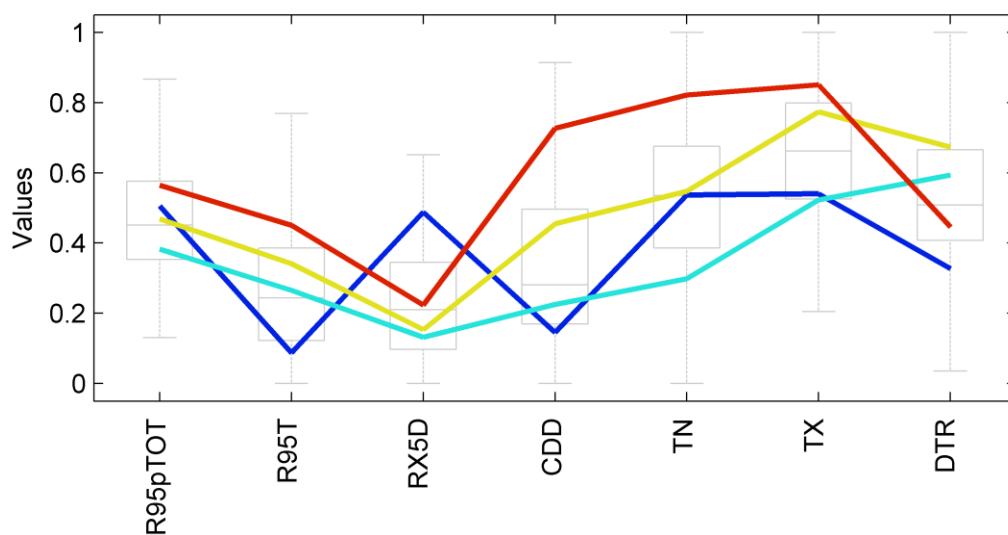


Figura 4.17 - Normal Climatológica (1951-1980) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados

#### 4.2.2. Normal Climatológica 1981-2010

Nesta normal climatológica a região definida pelo *cluster* 1, encontra-se localizada numa faixa que abarca o extremo poente dos Pirenéus o litoral das Montanhas Cantábricas, Montanhas Astur-leonesas (aqui encontra-se uma descontinuidade qua abarca parte desta cadeia montanhosa), Galiza



Montanhosa, Norte de Portugal Montanhoso, Serra da Estrela, e uma porção do lado Poente da Meseta Norte e o interior da Bacia do Tejo. Existe também uma área deste *cluster* numa secção no extremo Oeste da PI, mas agora menor do que na normal anterior, (Figura 4.19). Relativamente à caracterização deste *cluster*, ele é praticamente igual ao da normal anterior, existindo apenas diferenças de pormenor.

A região identificada pelo *cluster 2* (Figura 4.19), Concentra-se principalmente na região centro/Norte da PI, abarca a quase totalidade da Cordilheira Ibérica, uma grande porção da Meseta Norte e a parte setentrional da Meseta Sul. Existe ainda um enclave deste *cluster* nos Pirenéus\Cordilheira Catalã. Mais uma vez a caracterização deste *cluster* é praticamente igual ao da normal anterior existindo apenas pequenas diferenças, de entre as quais, um pequeno aumento da média das temperaturas mínimas (TN) que vai provocar uma diminuição ligeira da Média da amplitude de térmica diária (DTR).

O *cluster 3* encontra-se, nesta normal, bastante disperso (Figura 4.19). Uma primeira zona é definida pelo Litoral Central e parte da Bacia do Tejo, uma outra ocupa parte da Bacia do Sado, Montes de Toledo, Bacia e Soleira do Guadiana e lado Poente da Meseta Sul. Existe outra zona que compreende a quase toda a Bacia do Ebro, a Cordilheira Catalã e parte dos Pirenéus e finalmente duas zonas isoladas uma que ocupa sensivelmente a parte central da Cordilheira Bética e outra, pequena que preenche o extremo Nascente dos Pirenéus. Relativamente à caracterização deste *cluster*, verifica-se também, que o andamento deste é praticamente igual ao da normal anterior, não existindo diferenças significativas.

A última região, identificada como *cluster 4*, também se encontra bastante dividida, estando separada em 4 zonas principais. Uma primeira que ocupa o extremo Poente do litoral central, parte da Bacia do Tejo e litoral da Bacia do Sado. Uma outra que ocupa uma área na Meseta Sul entre a Cordilheira central e os Montes de Toledo do lado Nascente, outra que está isolada, também entre a Cordilheira central e os Montes de Toledo, mas do lado Nascente e finalmente a zona com mais expressão, que ocupa as áreas do Baixo Algarve e Serras Algarvias, Bacia do Guadalquivir, Cordilheira Bética (retirando a área ocupada pelo *cluster 3*), e a parte setentrional do Litoral Vestibular Levantino e da Cordilheira Ibérica. Quanto à caracterização deste *cluster*, ele é também muito semelhante ao da normal anterior, notando-se apenas um aumento na Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTOT).



Figura 4.18 - Normal Climatológica (1981-2010) - *Clusters* identificados na Matriz U

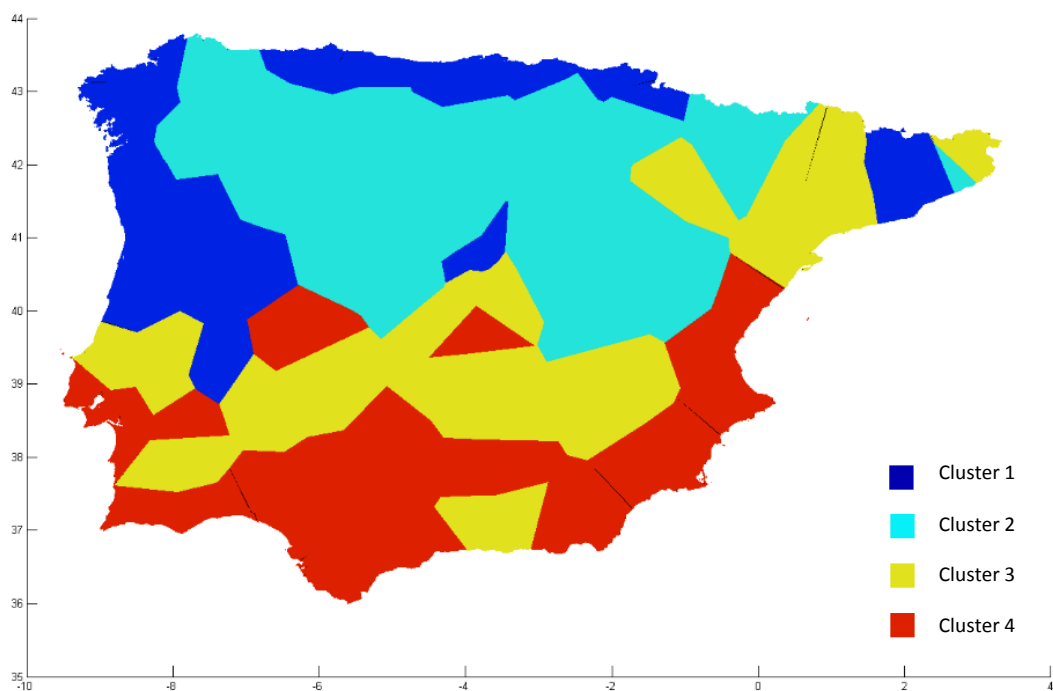


Figura 4.19 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados

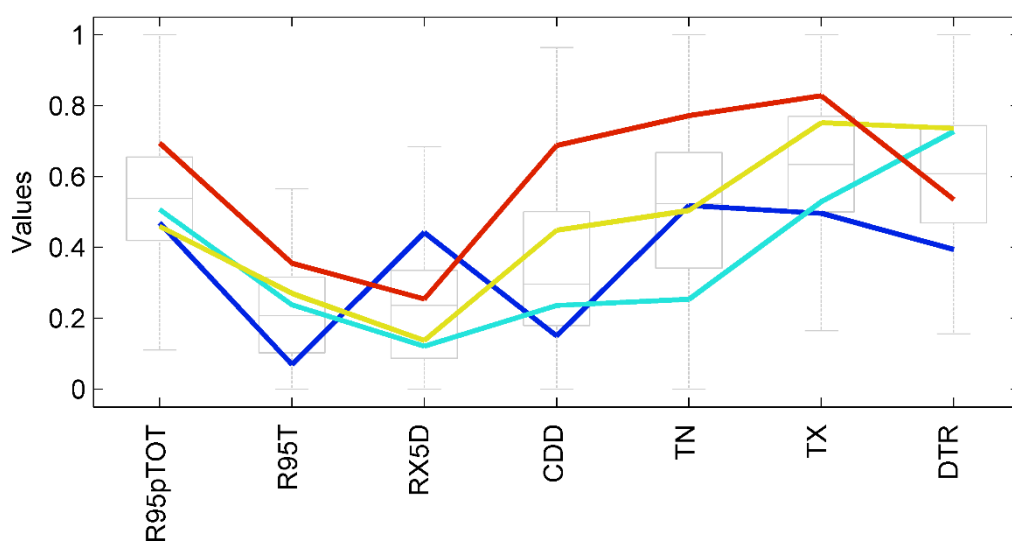


Figura 4.20 - Normal Climatológica (1981-2010) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados

#### 4.2.3. Conclusões

Verifica-se à partida que a definição espacial dos dados é insuficiente, pois as unidades celulares que foram definidas através de polígonos de Thiessen, tendo como centro as estações são muito grandes resultando que a análise acerca da alteração das zonas climáticas encontradas será grosseira. Outro fator condicionante é o facto de existirem estações que não contêm dados, conforme indicado em 3.2.1 o que levou a estes tivessem de ser extraídos dos resultados obtidos através da análise por IDW, o que pode propagar ainda mais o erro.

No entanto podem-se retirar algumas elações. As características dos *clusters* praticamente não se alteraram da normal [1951-1980] para a normal de [1981-2010], existindo apenas diferenças de pormenor, conforme se pode verificar comparando a Figura 4.17 com a Figura 4.20. Relativamente à sua distribuição espacial Figura 4.16 e Figura 4.19, verifica-se que relativamente ao *cluster* 1 e 2 não existem grandes alterações, crescendo apenas um pouco o *cluster* 1, às custas do *cluster* 2 no extremo nascente da Meseta Norte e perdendo uma pequena área no extremo Nascente da Península Ibérica, agora ocupada pelo *cluster* 3. Verifica-se que o *cluster* 4 tem um grande crescimento, no sentido Sul-Norte, exclusivamente às custas do *cluster* 2. Uma vez que este *cluster* é o que tem extremos de temperaturas mais elevadas, pode-se inferir, que no período em estudo existe um aumento da temperatura.

Concluindo, uma vez que a definição espacial dos dados é insuficiente, ir-se-á refazer os cálculos com dados em grelha, conforme indicado em 3.2.2 uma vez que possuem muito melhor definição espacial.

### 4.3. CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS – DADOS *GRID* E-OBS

Uma vez que a disposição dos dados agora é regular, as distribuições dos valores são praticamente contínuas, deixando, portanto, de existir pontos isolados de máximos e mínimos na distribuição dos valores pela área de estudo, conforme se verifica nos mapas dos índices que a seguir se mostram. Outra nuance que a utilização destes dados mostra é a sua concordância com a orografia, ficando agora perfeitamente visíveis os efeitos que o relevo tem na distribuição dos índices em estudo, tornando assim mais simples a sua interpretação.

#### 4.3.1. TX - Média da Temperatura Máxima

Verifica-se que a distribuição de valores está muito mais suavizada e quando comparando as duas normais climatológicas, continua evidente que o gradiente de temperatura aumenta Norte para Sul verificando-se que existe um aumento significativo da Média da Temperatura Máxima (TX), nomeadamente nas regiões acima da cordilheira central e na região da Galiza Montanhosa.

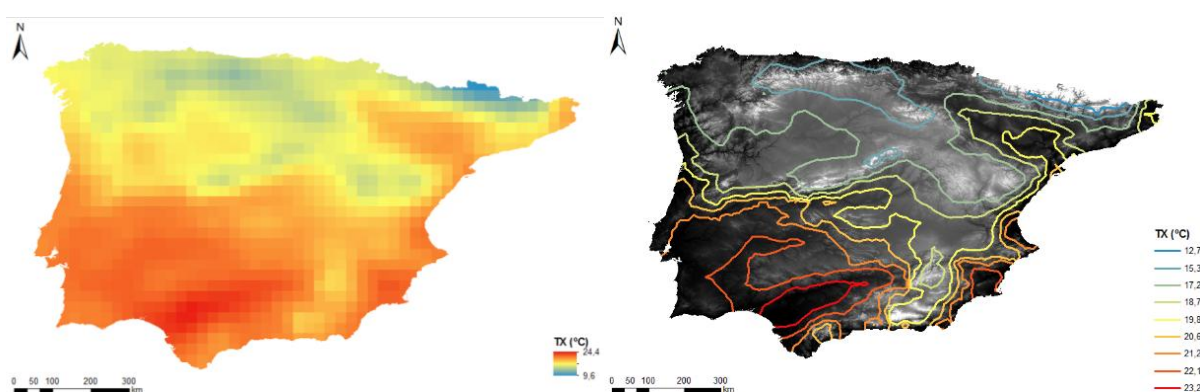


Figura 4.21 - Média da temperatura máxima (TX) [1951; 1980]

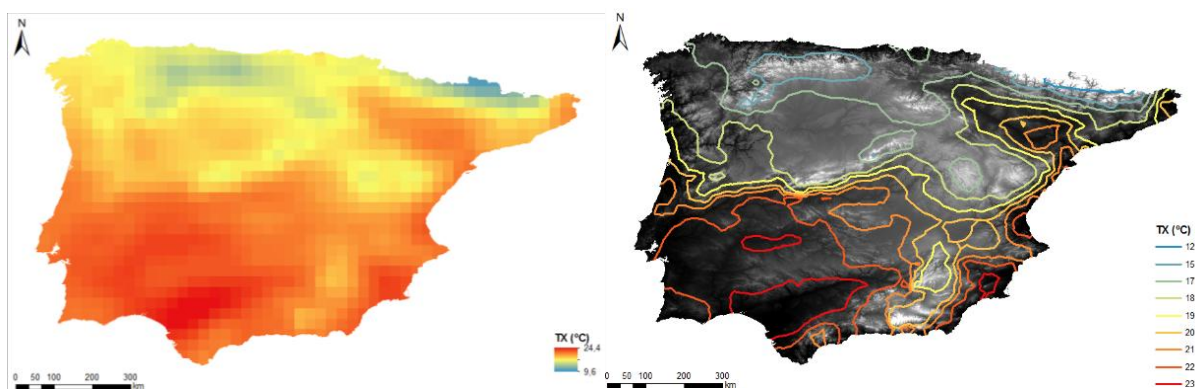


Figura 4.22 - Média da temperatura máxima (TX) [1981; 2010]

#### 4.3.2. TN – Média da Temperatura Mínima

Neste índice, as diferenças entre normais climatológicas estão mais esbatidas, mas ainda assim presentes. É visível o aumento da Média da Temperatura Mínima (TN) por toda a região em estudo, mas principalmente na zona Sudoeste da Península Ibérica afetando grande parte da Meseta Sul.

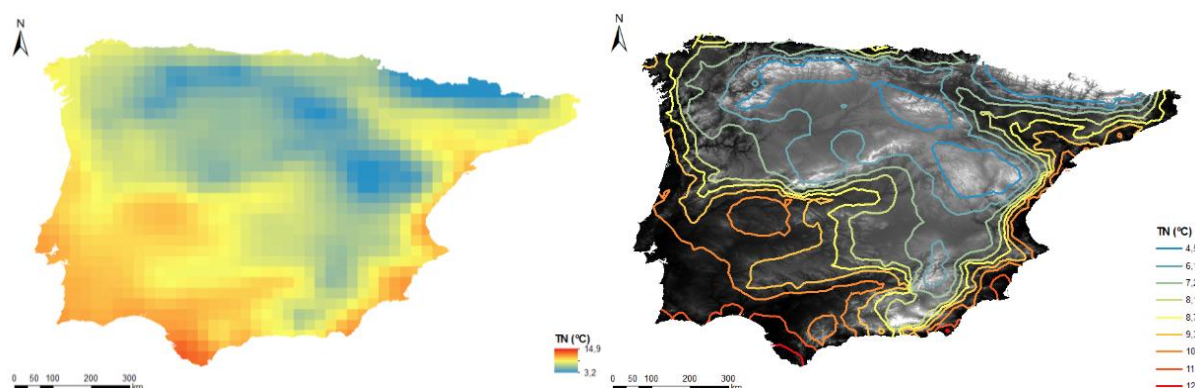


Figura 4.23 - Média da temperatura mínima (TN) [1951; 1980]

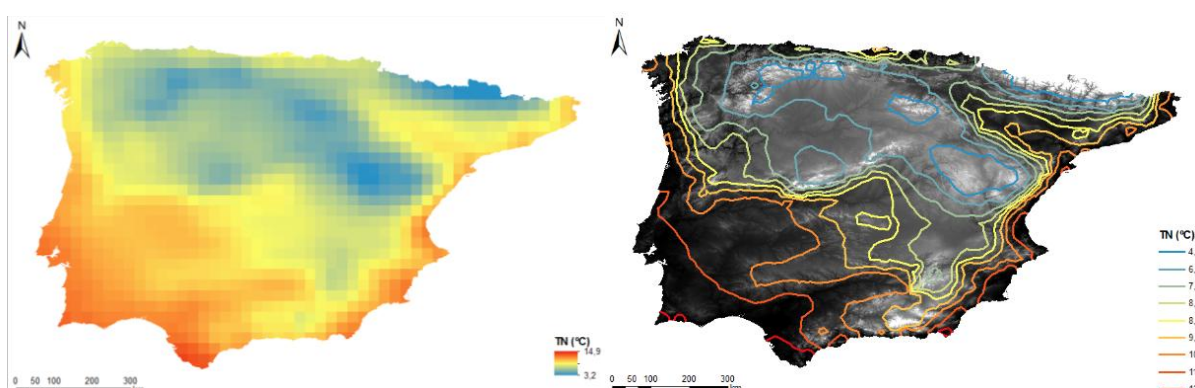


Figura 4.24 - Média da temperatura mínima (TN) [1981; 2010]

#### 4.3.3. DTR – Média da Amplitude Térmica Diária

A Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) da Normal Climatológica [1951; 1980] para a Normal Climatológica de [1981; 2010] aumenta em toda a região de estudo excetuando-se apenas algumas zonas pontuais situadas no litoral. Esta tendência parece indicar, que apesar de tanto a Média da



Temperatura Máxima (TX) como a Média da Temperatura Mínima (TN) terem aumentado, que a Média da Temperatura Máxima (TX) subiu mais do que a Média da Temperatura Mínima (TN).

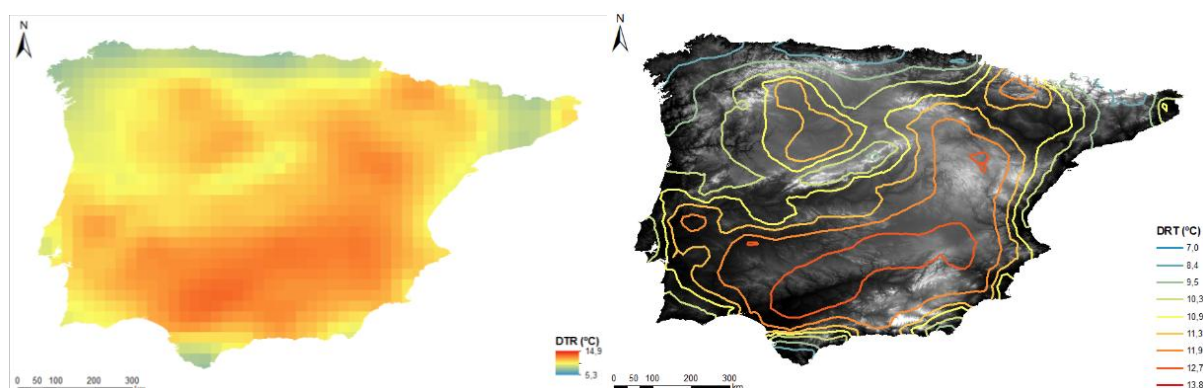


Figura 4.25 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1951; 1980]

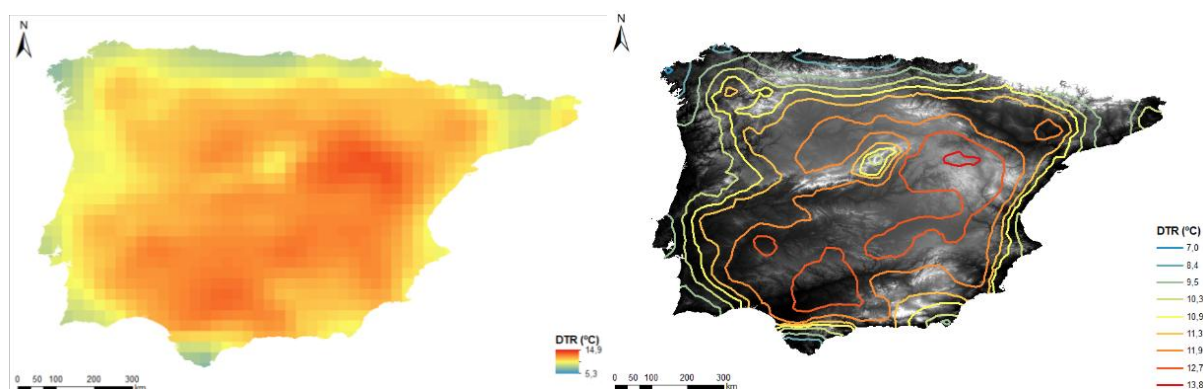


Figura 4.26 - Média da Amplitude Térmica Diária (DTR) [1981; 2010]

#### 4.3.4. CDD - Número de Dias Secos Consecutivos

Na análise deste índice destaca-se a sua anisotropia vertical, aumentando Número de Dias Secos Consecutivos (CDD) de Norte para Sul. Verifica-se também que existe um aumento de CDD entre as duas Normais Climatológicas [1951; 1980] e [1981; 2010] em estudo com o sentido Sul-Norte.

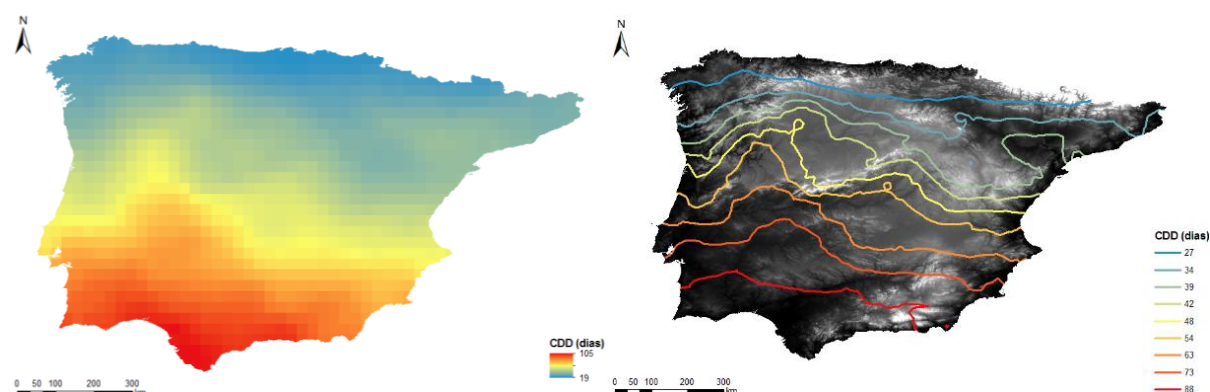


Figura 4.27 – Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980]

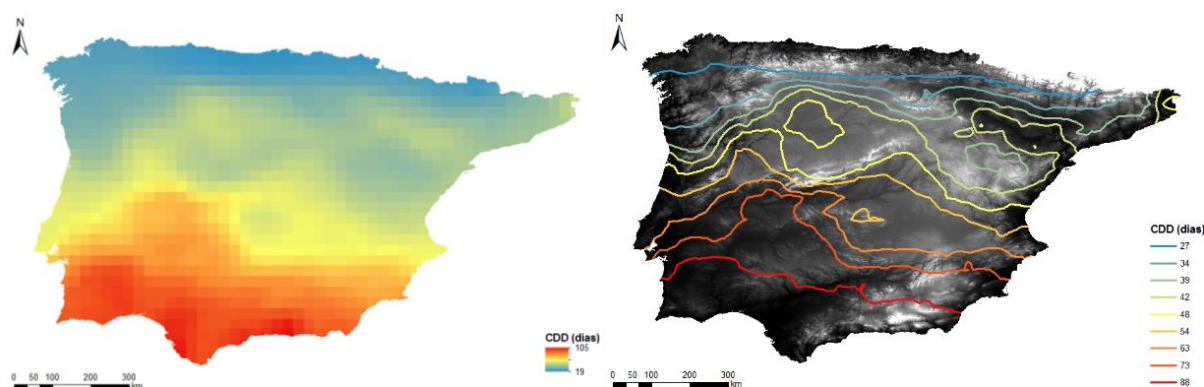


Figura 4.28 – Número de dias secos consecutivos (CDD) [1951; 1980]

#### 4.3.5. R95pTOT – Fração de Precipitação Devido a Dias Muito Húmidos

Relativamente à Fração de Precipitação Devido a Dias Muito Húmidos (R95pTOT) é notória a influência que a orografia tem na distribuição deste índice, concentrando-se os valores mais baixos na zona central da Península Ibérica (Meseta Central). Comparando as duas Normais Climatológicas, [1951; 1980] e [1981; 2010] encontram-se poucas diferenças, destacando-se apenas uma ligeira diminuição dos valores de R95pTOT no extremo Nascente da Península Iberica (Pirinéus).

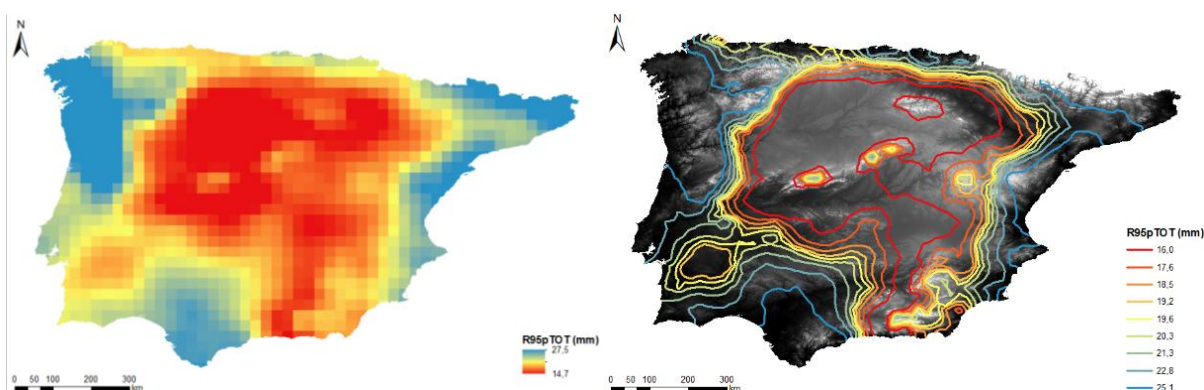


Figura 4.29 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1951; 1980]

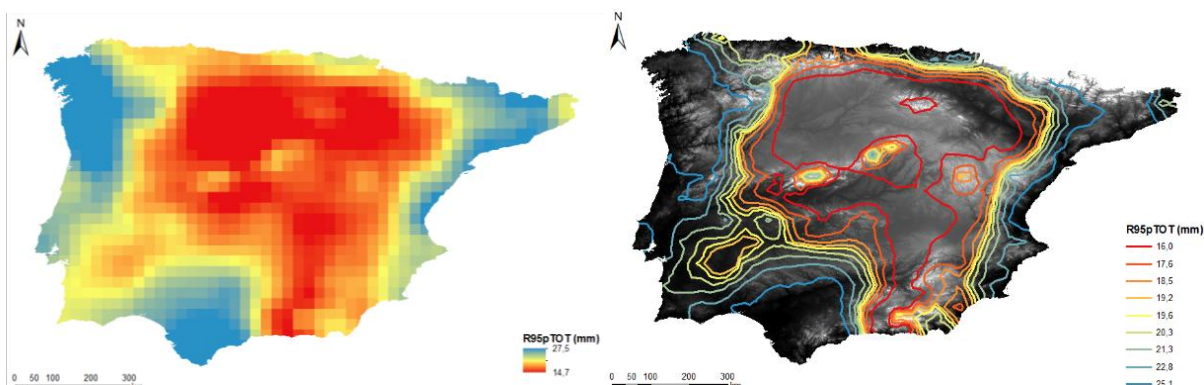


Figura 4.30 - Fração de precipitação devido a dias muito húmidos (R95pTot) [1981; 2010]

#### 4.3.6. R95T - Fração Total de Precipitação Devido a Eventos de Chuva Acima do Percentil 95

Novamente são encontradas poucas diferenças entre as duas Normais Climatológicas, [1951; 1980] e [1981; 2010], à semelhança do índice CDD. Este índice apresenta uma anisotropia com cerca de 135º de inclinação, aumentando o valor da Fração Total de Precipitação Devido a Eventos de Chuva Acima do Percentil 95 (R95T) no sentido NO-SE na normal de [1981; 2010].

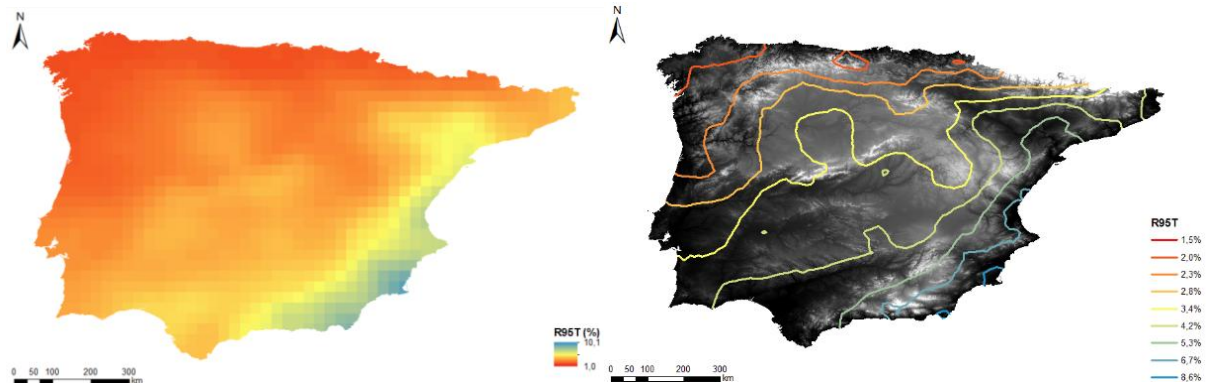


Figura 4.31 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1951; 1980]

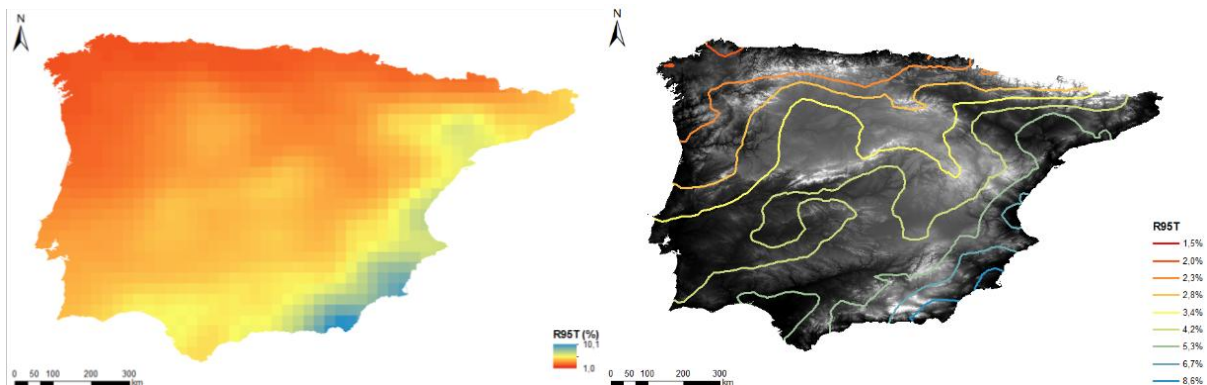


Figura 4.32 - Fração total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil 95 (R95T) [1981; 2010]

#### 4.3.7. Rx5day - Precipitação Máxima Acumulada em 5 Dias Consecutivos

Também aqui as diferenças entre as duas Normais Climatológicas, [1951; 1980] e [1981; 2010] são pequenas. Verifica-se que de uma maneira geral praticamente toda a Península Ibérica têm valores baixos de Precipitação Máxima Acumulada em 5 Dias Consecutivos (Rx5day), com a exceção de uma área que abarca a Galiza montanhosa e parte do Norte de Portugal montanhoso. Nota-se também na normal de [1981; 2010] que a área de maior valor de Rx5day diminuiu, assim como os seus valores máximos.



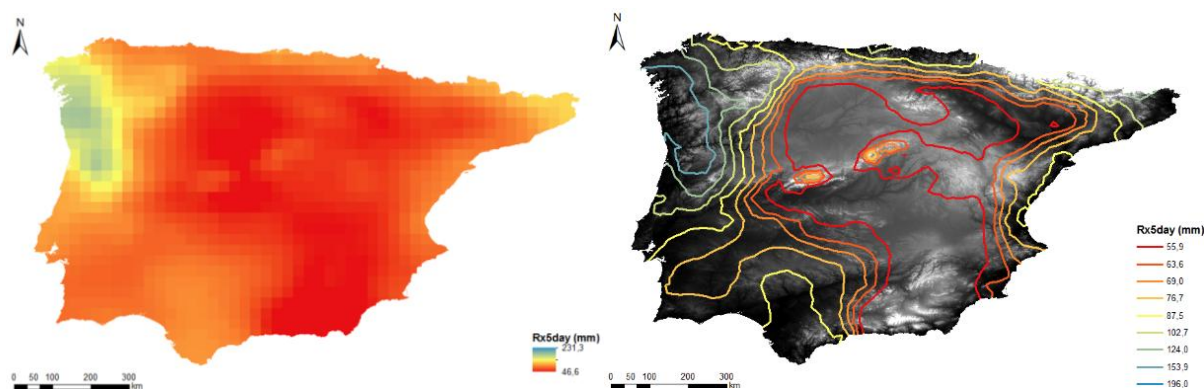


Figura 4.33 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1951; 1980]

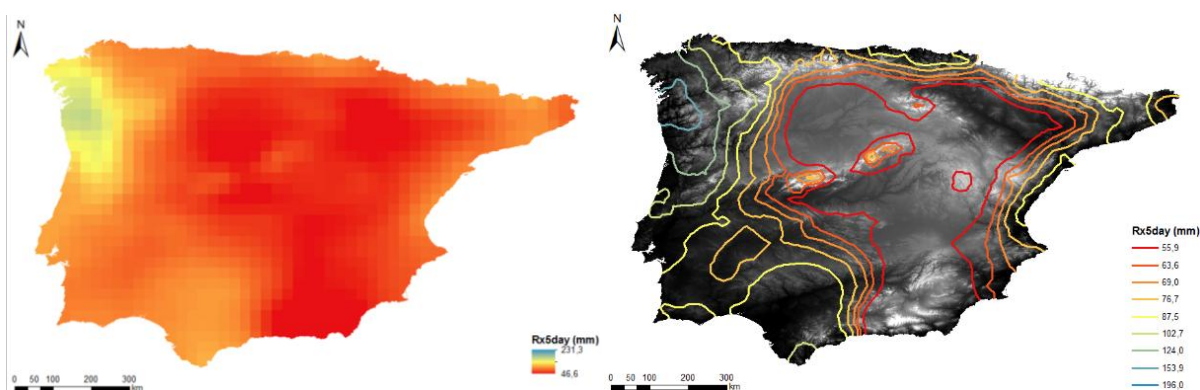


Figura 4.34 - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos (Rx5day) [1981; 2010]

#### 4.4. REGIÕES CLIMÁTICAS DA PENÍNSULA IBÉRICA – DADOS *GRID* E-OBS

Foi feito o mesmo tipo de análise realizada em 3.3.2, agora para os dados obtidos através da *Grid* E-OBS  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ , sendo que os resultados são apresentados em seguida.

Mais uma vez, o que se pretende é limitar os resultados das análises a quatro *clusters*, e para isso restringiu-se a dimensão da rede neuronal a uma matriz linha com quatro neurónios onde cada um representará um *cluster*.

À semelhança do que foi feito anteriormente, na Tabela 4.2 estão apresentados os valores finais usados no cálculo do SOM para as duas normais climatológicas [1951-1980] e [1981-2010].

Tabela 4.2 - Valores utilizados no cálculo dos SOM (Dados *Grid* E-OBS)

Índice	1951-1980	1981-2010
X	4	4
Y	1	1
Itera1	100	100
Itera2	200	200
Radio1	4	4



Índice	1951-1980	1981-2010
Radio2	2	2
$Q_{\text{error}}$	0.192085	0.20835
$T_{\text{error}}$	0.215526	0.0960163

#### 4.4.1. Normal Climatológica 1951-1980

Novamente, e como se pretendia, estão identificados quatro *clusters*. Uma primeira região, identificada pelo *cluster 1* que ocupa os Pirenéus, as Montanhas Cantábricas, as Montanhas Astur-leonesas a Galiza montanhosa e parte Norte do Norte de Portugal montanhoso. Encontram-se também duas áreas deste *cluster* que abrange a Cordilheira Central e outra, pequena que ocupa duas pequenas áreas sobre a Cordilheira Ibérica. Este *cluster* (Figura 4.37) é caracterizado por ter os valores mais baixos, de entre os 4 *clusters* identificadas, de R95T e CDD, indiciando que é uma área de elevada precipitação. Tem também os valores mais baixo de TN e TX e DTR, indicando que das 4 regiões é a que tem temperaturas mais baixas.

O *cluster 2*, ocupa uma área que abrange a Bacia do Ebro, Cordilheira Ibérica, a Meseta Norte e praticamente toda a Meseta Sul. Este *cluster* (Figura 4.37) tem os valores mais baixos de R95pTOT e de Rx5day e valores muito baixos de R95T e CDD, isto sugere que é uma área de baixa precipitação. Quanto à temperatura, é uma área de elevada amplitude térmica (DTR elevado), mas de temperaturas baixas.

A terceira região, identificada pelo *cluster 3* abrange três áreas distintas, uma primeira que vai desde o litoral da Galiza Montanhosa, passando pelo Norte de Portugal montanhoso, Serra da Estrela, Litoral Central e parte Poente das mesetas Norte e Sul, uma outra que ocupa o litoral Vestibular Levantino, Cordilheira Catalã e ainda parte da Bacia do Ebro e finalmente uma área ocupada no extremo Sul da Cordilheira Bética. Este *cluster* (Figura 4.37) é o que tem o maior valor de R95pTOT e Rx5day e baixos valores de R95T e CDD parecendo indicar que esta área tem uma precipitação mediana (de entre as 4 áreas identificadas). Relativamente à temperatura verifica-se que é uma área onde existe baixa amplitude térmica (o valor de DTR é o segundo mais baixo).

A última região, identificada como *cluster 4* encontra-se definida numa só região que ocupa toda a zona setentrional da Península Ibérica, sendo definida pela Bacia do Tejo até ao Baixo Algarve, passando pelos Montes de Toledo, Bacia do Guadiana, Soleira do Guadiana, zona Poente da Meseta Sul, Serra Morena, Bacia do Guadalquivir e Cordilheira Bética. Este *cluster* (Figura 4.37) tem o valor mais alto de R95T e de CDD e valores altos de R95pTOT e Rx5Day, sugerindo que é uma área de muito fraca precipitação e com longos períodos entre precipitações. Tendo os valores mais altos de TN e TX, indicia ser também a área mais quente das 4 identificadas.



Figura 4.35 - Normal Climatológica (1951-1980) - *Clusters* identificados na Matriz U

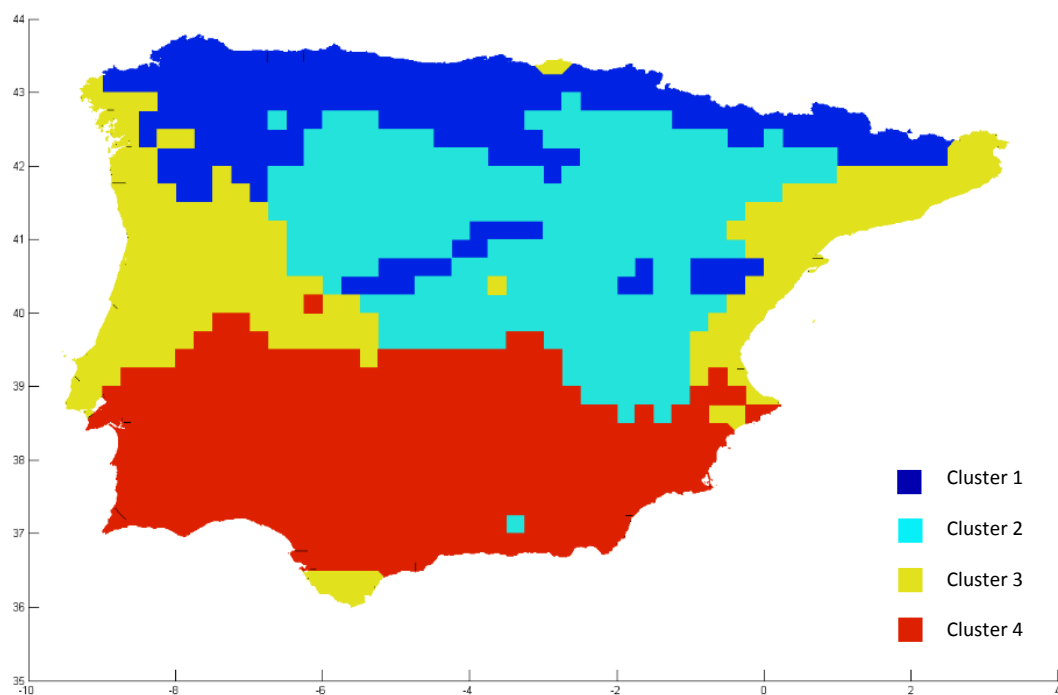


Figura 4.36 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados

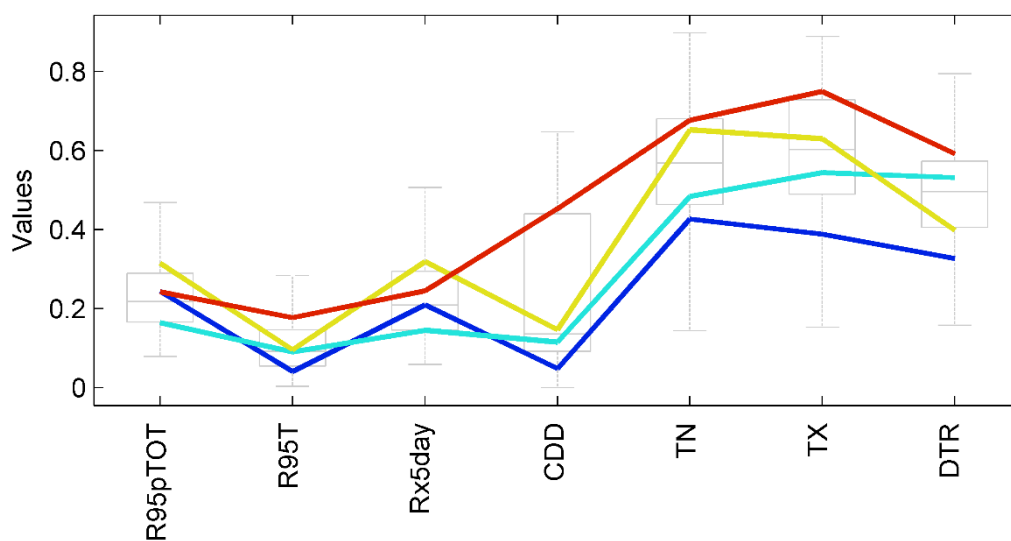


Figura 4.37 - Normal Climatológica (1951-1980) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados

#### 4.4.2. Normal Climatológica 1981-2010

Nesta normal, verifica-se que o *cluster* 1, ocupa agora a parte Nascente dos Pirenéus e da Cordilheira Catalã, as Montanhas Cantábricas e Astur-leonesas, a Galiza montanhosa, praticamente todo o Portugal montanhoso e a Cordilheira Central. Este *cluster* é caracterizado por (Figura 4.40) ter os valores mais baixos de R95Te CDD e os valores mais altos de R95pTOTe Rx5day, podendo indicar que é a região que recebe mais precipitação de entre as quatro em estudo. Quanto à temperatura, sendo o DTR o mais baixo dos quatro *clusters*, indica que tem uma pequena amplitude térmica e tendo TX como o mais baixo e TN como o segundo mais baixo, pode indicar que esta é a região mais fria.

O *cluster 2* preenche a Meseta Norte, a Cordilheira Ibérica, a parte setentrional dos Pirenéus e pequenas zonas da meseta Sul e Cordilheira Ibérica. É caracterizado por (Figura 4.40), ter os valores mais baixos de R95pTOT e Rx5day e muito baixos de R95T e CDD, muito próximos dos do *cluster 1*. Relativamente à temperatura, este *cluster* apresenta o mais baixo valor de TN e o segundo mais baixo de TX, apresentando também uma elevada amplitude térmica.

O *cluster 3* está dividido em duas regiões. A primeira ocupa o Litoral Central, a Bacia do Tejo e Sado, as Serras Algarvias e Baixo Algarve, parte Poente da Serra Morena, Bacia do Guadalquivir, Cordilheira Bética e Meseta Sul e a segunda, o Litoral Sudeste da Cordilheira Bética o Litoral Vestibular Levantino e uma pequena parte da Cordilheira Catalã.

Finalmente o *cluster 4*, encontra-se dividido em três regiões, tendo duas delas pouca expressão, sendo que a maior ocupa Praticamente toda a Meseta Sul, excetuando a região ocupada pelo *cluster 3*, a Bacia do Guadiana, a parte Nascente da Serra Morena, Bacia do Guadalquivir e Cordilheira Bética. Existe ainda outra região que ocupa a zona Poente da Bacia do Ebro e outra praticamente sem expressão no lado Poente da Meseta Norte.



Figura 4.38 - Normal Climatológica (1981-2010) - *Clusters* identificados na Matriz U

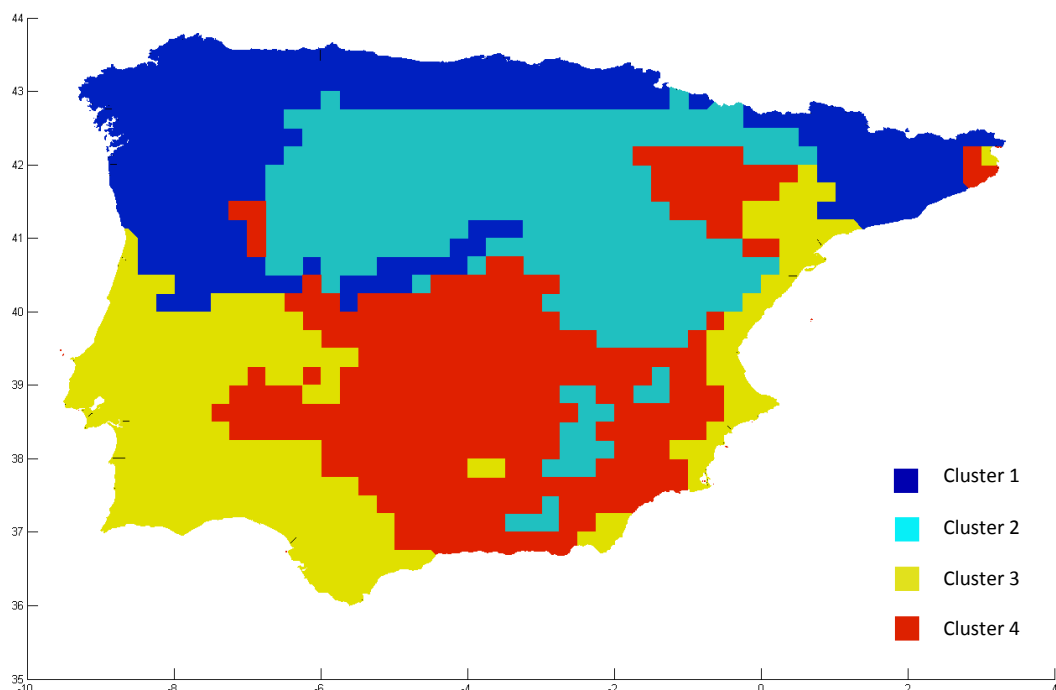


Figura 4.39 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados

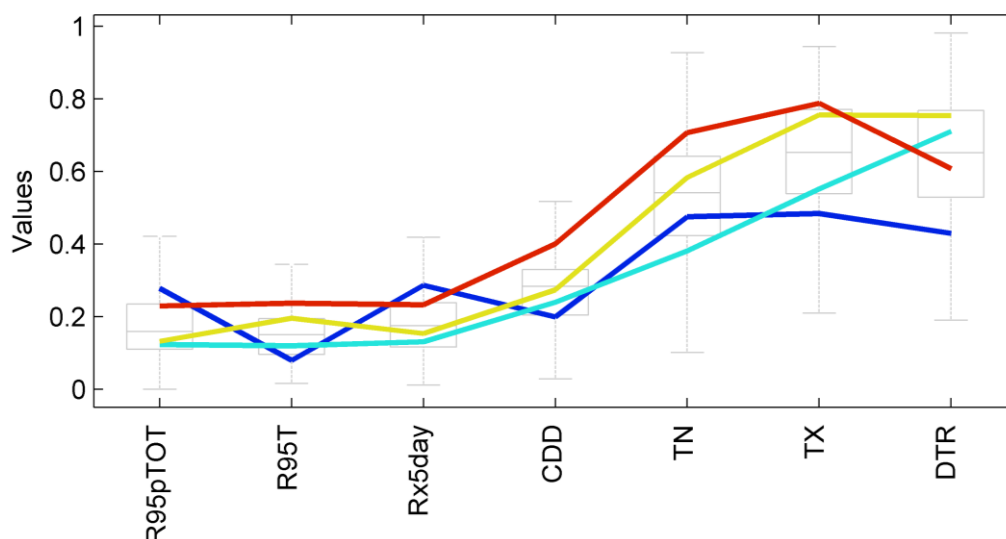


Figura 4.40 - Normal Climatológica (1981-2010) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados

Esta normal apresenta valores da média dos valores para cada índice, Figura 3.46, muito próximos uns dos outros, especialmente no que diz respeito aos índices relativos à precipitação, tornando difícil a sua interpretação. Por forma a ultrapassar este obstáculo, foram feitas novas análises em SOM's, mas agora dividindo os índices em 2 tipos, os relativos à precipitação (Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD), Figura 4.41 e Figura 4.42 e os relativos à temperatura (TN, TX e DTR), Figura 4.43 e Figura 4.44.

Podemos agora verificar que a precipitação se divide em quatro *clusters* distintos, sendo que o *cluster 1*, ocupa parte Nascente da Galiza montanhosa, as Montanhas Astur-leonesas, Montanhas Cantábricas e parte Sudoeste dos Pirenéus, Bacia do Ebro, grande parte da Cordilheira Ibérica, quase toda a Meseta Norte, Cordilheira Central e parte Meridional da Meseta Sul. Relativamente à sua caracterização, este *cluster* tem os valores mais baixos em todos os índices.

O *cluster 2* encontra-se dividido em duas localizações diferentes, uma primeira que abarca o Poente da Galiza montanhosa, Norte de Portugal Montanhoso, Serra da estrela, Litoral Central e parte Poente da Meseta Norte e uma outra que ocupa o Noroeste dos Pirenéus e praticamente toda a Cordilheira Catalã. Este *cluster* tem o segundo menor valor de CDD, quase igual ao do *cluster 1*, o maior valor de Rx5day e o menor de R95T, indiciando que esta é uma zona de elevada precipitação, sendo sem dúvida de entre os quatro *clusters* o que tem maior precipitação.

Quanto ao *cluster 3*, este ocupa sensivelmente a metade Nascente da Cordilheira Bética a ponta Nascente da Meseta Sul e Cordilheira Ibérica. É um *cluster* que apresenta os maiores valores de R95pTOT e R95T e o segundo maior valor de CDD, sugerindo que é uma zona, com longos períodos sem precipitação e que a maioria da precipitação que recebe se deve a eventos extremos de precipitação e a dias muito húmidos.

O *cluster 4* abrange quase todo o Sul da Península Ibérica abarcando a Bacia do Tejo, Bacia do Sado, Serras do Algarve e Baixo Algarve, Montes de Toledo, Bacia e Soleira do Guadiana, extremo Sudoeste da Meseta Sul, Serra Morena, Bacia do Guadalquivir e metade Poente da Cordilheira Bética. Quanto à sua caracterização, tem o valor mais alto de CDD, indicando longos períodos sem precipitação, tem

também o segundo mais alto valor de R95T, indicando, novamente, e a semelhança do *cluster* 3, que a maioria da precipitação que recebe se deve a eventos extremos de precipitação.

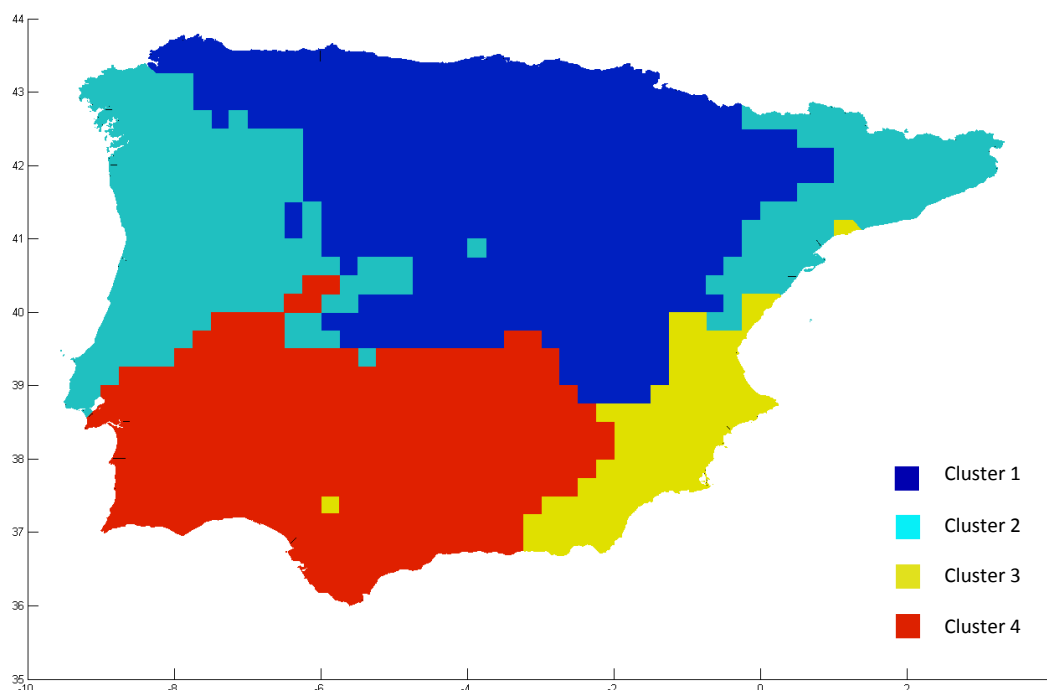


Figura 4.41 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD

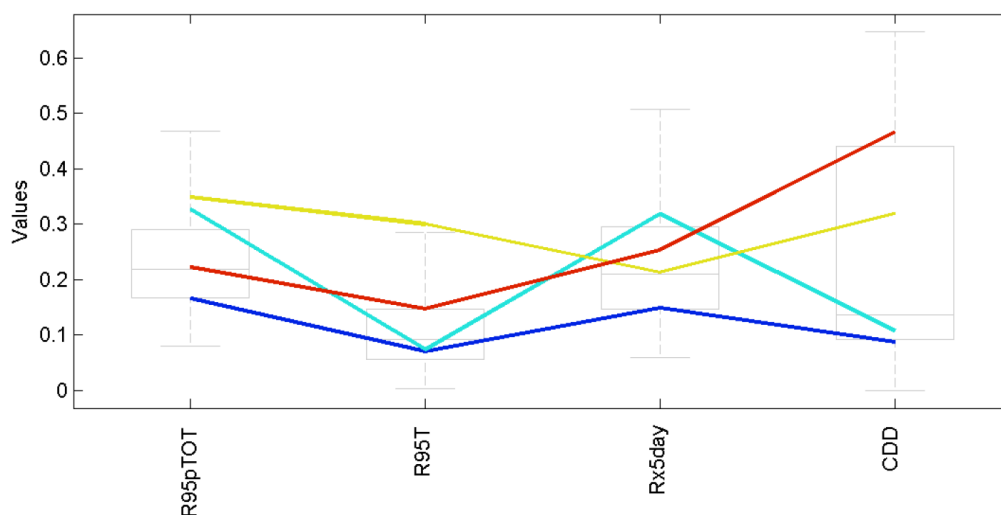


Figura 4.42 - Normal Climatológica (1950-1981) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD

Quanto à temperatura, verificam-se novamente quatro *clusters* bem definidos (Figura 4.43). Um primeiro que ocupa a Cordilheira Ibérica, face Norte dos Pirenéus, Cordilheira Central, face Norte das Montanhas Cantábricas e Astur-leonesas, extremo Nordeste da Meseta Norte e lado Nascente do Norte de Portugal Montanhoso. Este *cluster* é o que tem menor TN, TX e DTR. Sendo por isso a região mais fria de entre as quatro (Figura 4.44).

O *cluster 2* (Figura 4.43) envolve todo o *cluster 1*, ocupando a Galiza montanhosa, e parte do Norte de Portugal montanhoso, litoral das Montanhas Astur-leonesas e Montanhas cantábricas, face meridional dos Pirenéus, parte da Cordilheira Catalã, lado Nordeste da Meseta Ibérica e Grande parte da Meseta Norte. Relativamente à sua caracterização, conforme se verifica através da observação da Figura 4.44, é a segunda região mais fria, apresentado também uma pequena amplitude térmica (DTR)

Relativamente ao *cluster 3*, este encontra-se dividido em duas partes, a primeira ocupa o Litoral Central, lado Setentrional da Serra da Estrela e espaço entre a Cordilheira Central e os Montes de Toledo. A segunda, ocupa a parte central da Bacia do Ebro, o extremo Poente da Cordilheira Bética, O Litoral Vestibular Levantino e o a face Setentrional da Cordilheira Catalã. Este *cluster* (Figura 4.44) é caracterizado por ser o segundo com maiores temperaturas e ter a segunda maior amplitude térmica.

Finalmente o *cluster 4* abarca a Bacia do Tejo, Bacia do Sado, Serras Algarvias, Baixo Algarve, Montes de Toledo, Bacia e Soleira do Guadiana, Serra Morena, Bacia do Guadalquivir e lado Sudeste da Meseta Sul e praticamente toda a Cordilheira Bética. Quanto à sua caracterização, este é o *cluster* onde as temperaturas são mais elevadas e onde a amplitude térmica é a menor.

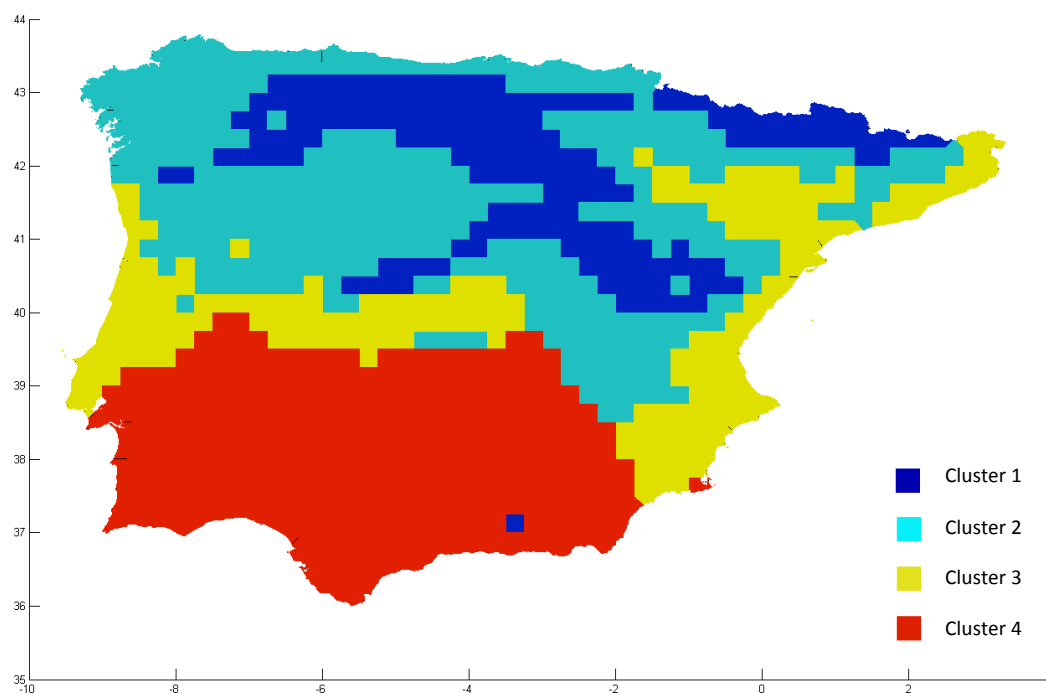


Figura 4.43 - Normal Climatológica (1951-1980) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados para os índices TN, TX e DTR

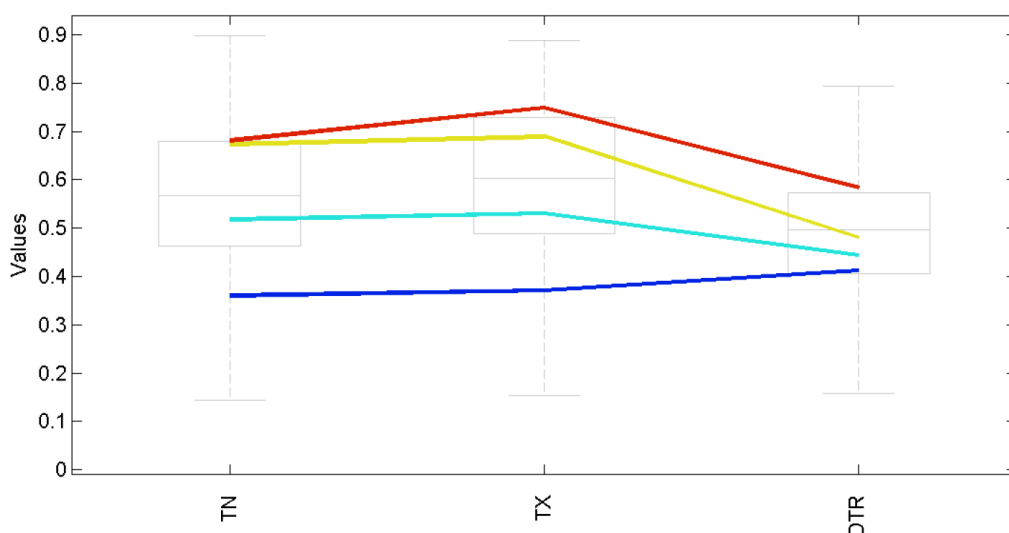


Figura 4.44 - Normal Climatológica (1950-1981) - Média dos valores para cada índice dos *clusters* identificados para os índices TN, TX e DTR

Por forma a ter uma melhor exatidão acerca da evolução dos padrões apresentados pelos *clusters*, mapearam-se os *clusters* obtidos no cálculo da normal de [1951-1980] nos dados da normal de [1981-2010], resultando nas figuras Figura 4.45 e Figura 4.46.

Assim sendo, através da observação da Figura 4.45, verifica-se que há diferenças entre as duas normais em análise, [1951-1980] Figura 4.41 e [1981-2010] Figura 4.45, Imediatamente se nota que existe uma maior interpenetração entre os *clusters*, que o *cluster 2* perdeu muita da sua área, praticamente mantendo só a área do Norte de Portugal montanhoso e Galiza montanhosa e uma pequena franja na face Norte dos Pirenéus. Esta perda de área deve-se sobretudo ao crescimento dos *clusters 3 e 4* que agora ocupam muita da área anteriormente ocupada por este *cluster*. Relativamente ao *cluster 1*, perde grande parte da área que ocupava na Meseta Norte e Sul, mas ocupa agora novas áreas no lado Nascente da Cordilheira Ibérica e Cordilheira Bética.

Globalmente pode-se afirmar que os regimes de precipitação se alteraram estando a Península Ibérica agora coberta por áreas maiores onde se verificam superior número de dias consecutivos sem chuva (CDD) (*clusters 3 e 4*) e onde a maioria da precipitação que recebe se deve a eventos extremos de precipitação (R95T).

Quanto à temperatura Figura 4.43 e Figura 4.46 o cenário é idêntico, os *clusters* com as temperaturas mais elevadas (*cluster 3 e 4*) aumentam a sua área de influencia, crescendo globalmente pela Península Ibérica, no sentido Sul-Norte, mantendo-se apenas em algumas áreas de altitudes valores de temperatura, sendo o caso da Cordilheira central, Montanhas Astur-leonesas e Pirenéus. Pode-se dizer também que os regimes de temperatura entre as duas normais em estudo [1951-1980] e [1981-2010] se alteraram estando a Península Ibérica Globalmente mais quente.

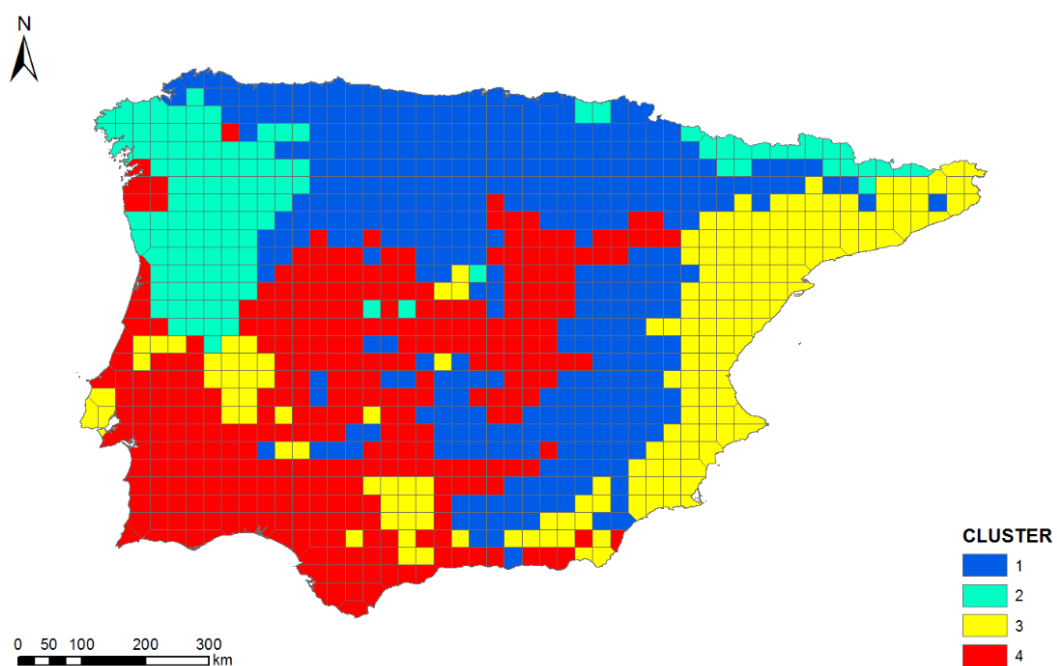


Figura 4.45 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados para os índices Rx5day, R95T, R95pTOT, CDD

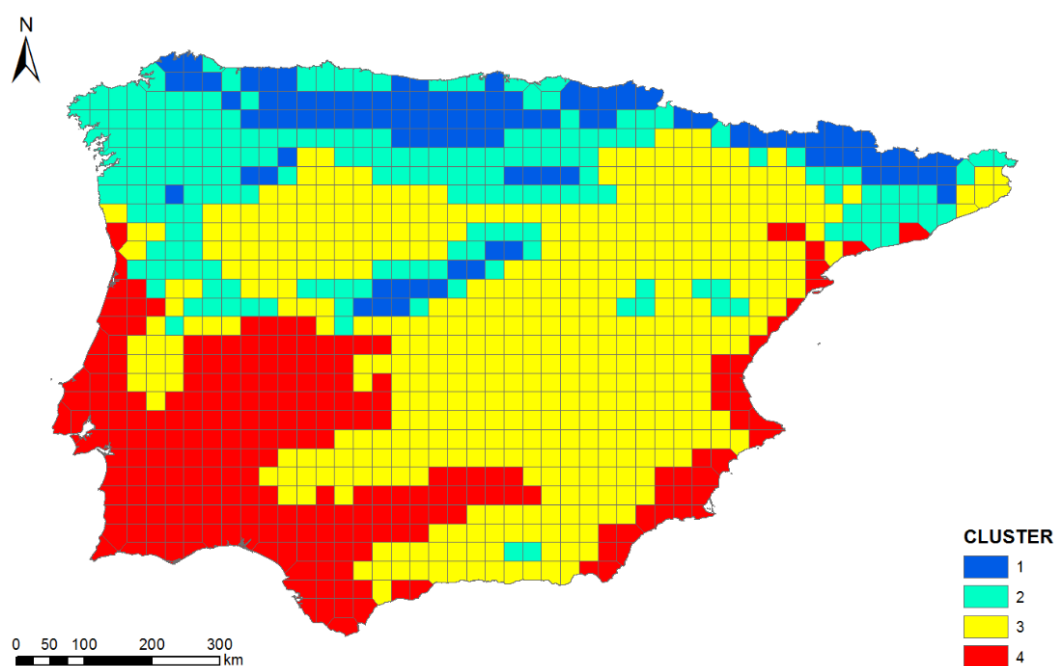


Figura 4.46 - Normal Climatológica (1981-2010) - Distribuição espacial dos *clusters* identificados para os índices TN, TX e DTR



## 5. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste trabalho é o de produzir mapas da Península Ibérica que caracterizassem a variabilidade climática nos períodos [[1951–1980]] e [[1981–2010]], e analisar possíveis alterações no padrão espacial do clima nesses períodos.

Após comparar os resultados de análises multivariadas de dados de estações e de dados de grelha, (Abatzoglou, Redmond, & Edwards, 2009) também concluíram que a resolução espacial fina dos dados de grelha permite captar de forma mais adequada os padrões regionais de clima em ambientes costeiros e zonas orográficas complexas, contribuindo assim para a justificação da escolha destes para a definição das regiões climáticas.

Conforme se verificou, existem diferenças no padrão espacial dos índices tanto da temperatura como da precipitação entre as duas normais em estudo [1951-1980] e [1981-2010]. Quanto aos índices relativos à precipitação, Rx5day, R95T, R95pTOT e CDD verifica-se que na normal climatológica mais recente há um decrescimento nos valores do índice Rx5day - Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos e um aumento em todos os outros índices, indicando que houve uma queda nos níveis de precipitação extrema em praticamente toda a Península Ibérica. Exceção feita no índice R95T que aumenta muito ligeiramente no litoral Poente da Cordilheira Bética e no Litoral Vestibular Levantino.

Relativamente aos índices respeitantes à temperatura, TX, TN e DTR é notório o aumento de TX - Média da temperatura máxima diária e o muito ligeiro aumento de TN - Média da temperatura mínima diária. Como consequência desta alteração verifica-se que DRT - Média da amplitude térmica diária aumenta, ficando assim o clima mais extremo (maiores amplitudes térmicas e maiores temperaturas máximas).

Foram produzidos mapas com quatro regiões climatéricas, através de redes neuronais SOM para as duas normais em estudo para todos os índices em estudo simultaneamente. Constatou-se que a média dos valores para cada índice para a normal de [1981-2010], se encontravam muito próximos uns dos outros, especialmente no que diz respeito aos índices relativos à precipitação. Esta situação torna difícil a sua interpretação. Isto deve-se ao facto de serem considerados índices climáticos extremos, em vez de características sazonais ou anuais médias (e.g. classificação Koppen-Geiger).

Por forma a ultrapassar esta dificuldade, dividiram-se os índices em dois grupos, precipitação e temperatura, e realizaram-se novas análises através de redes neuronais SOM, conseguindo-se assim uma leitura mais clara acerca das características de cada região.

Verificou-se então que, relativamente à precipitação existem mudanças significativas entre as normais, nomeadamente a diminuição da área ocupada pela região com características de maior precipitação (e consequente aumento das regiões de características mais secas). Quanto à temperatura, é também notória a diminuição das regiões que apresentavam temperaturas mais baixas, sendo estas agora permutadas por regiões com as temperaturas mais elevadas.

Concluindo, depois da análise das duas normais climatológicas em estudo [1951-1980] e [1981-2010] para a Península Ibérica, verifica-se uma diminuição generalizada da precipitação por todo o território acompanhada por um aumento de temperatura.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Abatzoglou, J. T., Redmond, K. T., & Edwards, L. M. (2009). Classification of Regional Climate Variability in the State of California. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(8), 1527-1451.
- Abaurrea, J., Asín, J., Barriendos, M., Brunet, M., Creus, J., Galán, E., . . . C. Rodríguez-Puebla, A. R.-M. (2005). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Em J. M. (Director/Coordinador), *Impactos del Cambio Climático en España* (pp. 1-65). Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- Agencia Estatal de Meteorología; Instituto de Meteorologia de Portugal. (2011). *Atlas Climático Ibérico*. Madrid: Closas-Orcoyen S. L.
- Ahmed, B. Y. (1997). Climatic classification of Saudi Arabia: An application of factor-Cluster analysis. *GeoJournal* 41(1), 69-84.
- Al Shalabi, L., Shaaban, Z., & Kasasbeh, B. (2006). Data Mining: A Preprocessing Engine. *Journal of Computer Science*, 735-739.
- Baço, F., Lobo, V., & Painho, M. (2008). Applications of Different Self-Organizing Map Variants to Geographical Information Science Problems. Em *Self-Organising Maps: Applications Geographic Information Science* (pp. 21-44). Pragma Agarwal, Andre Skupin.
- Bharath, R., Srinivas, V. V., & Basu, B. (2015). Delineation of homogeneous temperature regions: a two-stage clustering approach. *International Journal of Climatology*.
- Burrough, P. A., & Goodchild, M. F. (1998). *Creating continuous surfaces from point data*. Oxford: Oxford University Press.
- Caruso, C., & Quarta, F. (1998). Interpolation methods comparison. *Computers & Mathematics with Applications*, 109-126.
- Costa, A. C., Santos, J. A., & Pinto, J. G. (2011). Climate change scenarios for precipitation extremes in Portugal. *Theoretical and Applied Climatology*, 217-234.
- de Lima, I. M., Espírito Santo, F., & de Lima, L. J. (2013). Recent changes in daily precipitation and surface air temperature extremes in mainland Portugal, in the period 1941–2007. *Atmospheric Research*, 195-209.
- de Lima, M. I., Marques, A. C., & de Lima, J. L. (2005). Análise da tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. *territorium*, 11-18.
- ECA&D. (01 de 05 de 2015). *E-OBS gridded dataset*. Obtido de European Climate Assessment & Dataset: <http://eca.knmi.nl/download/ensembles/download.php>
- ETCCDI/CRD Climate Change Indices. (21 de 04 de 2015). Obtido de <http://etccdi.pacificclimate.org/>: [http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)

- European Climate Assessment & Dataset project team. (31 de August de 2015). *ECA&D*. Obtido de European Climate Assessment & Dataset: <http://eca.knmi.nl/>
- Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., Bilir, T., . . . MacCracken, S. M. (2014). *IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Fovell, R. G., & Fovell, M.-Y. C. (1993). Climate Zones of the Conterminous United States Defined Using Cluster Analysis. *Journal of Climate*, 6(11), 2103-2135.
- Gallego, M. C., García, J. A., Vaquero, J. M., & Mateos, V. L. (2006). Changes in frequency and intensity of daily precipitation over the Iberian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, D24105.
- Gallego, M. C., Trigo, R. M., Vaquero, J. M., Brunet, M., García, J. A., Sigró, J., & Valente, M. A. (2011). Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *Journal of Geophysical Research*, D02109.
- Haylock, M. R. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, 113, 1-12.
- Henriques, R., & Bação, F. (2004). soMGis: Uma Ferramenta para Construir Regiões. *V Congresso da Geografia Portuguesa*, (pp. 1-20). Guimarães.
- Henriques, R., Bação, F., & Lobo, V. (2012). Exploratory geospatial data analysis using the GeoSOM suite. *Computers, Environment and Urban Systems*, 218-232.
- Ileana, B., Isabel, C., Yolanda, C.-D., Damiá, G., & Penelope, G.-S. (2010). *Clima en España: Pasado, presente y futuro*. Madrid: Fiz F. Pérez y Roberta Boscolo.
- Iyigun, C., Türkeş, M., Batmaz, İ., Yozgatligil, C., Purutçuoğlu, V., Koç, E. K., & Öztürk, M. Z. (2013). Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method. *Theoretical and Applied Climatology* 114(1), 95-106.
- Kohonen, T. (2014). *MATLAB Implementations and Applications of the Self-Organizing Map*. Helsinki, Finland: Unigrafia Oy.
- Kottek, M., Griesser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (June de 2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, pp. 259-263.
- Kraaijeveld, M. (1995). A nonlinear projection method based on Kohonen's topology preserving maps. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 548-559.
- Lautensach, H. (1967). *Geografía de España e Portugal*. Barcelona: Vicens-Vives.
- Legates, D. R., & Willmott, C. J. (1990). Mean seasonal and spatial variability in global surface air temperature. *Theoretical and Applied Climatology*, 11-21.

- Lou, W., Taylor, M. C., & Parker, S. R. (2008). A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, 947-959.
- Lund, R., & Li, B. (2009). Revisiting Climate Region Definitions via Clustering. *Journal of Climate* 22(7), 1787-1800.
- Meyer, L. A., & Pachauri, R. K. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers*. Geneva: IPCC.
- Mimmack, G. M., Mason, S. J., & Galpin, J. S. (2001). Choice of Distance Matrices in Cluster Analysis: Defining Regions. *Journal of Climate*, 14(12), 2790-2797.
- Miranda, P. M., Coelho, F. E., Tomé, A. R., Valente, M. A., Carvalho, A., Pires, C., . . . Ramalho, C. (2002). *20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios*. Lisboa: Gradiva Publicações, Lda.
- Peterson, T. C. (April de 2005). Climate change indices. *World Meteorological Organization Bulletin*, 54 (2), pp. 83-86.
- Posse, C. (2001). Hierarchical Model-Based Clustering for Large Datasets. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 10(3), 464-486.
- Rhee, J., Im, J., Carbone, G. J., & Jensen, J. R. (16 de Junho de 2008). Delineation of climate regions using in-situ and remotely-sensed data for the Carolinas. *Remote Sensing of Environment*, pp. 3099–3111.
- Tercek, M. T., Gray, S. T., & Nicholson, C. M. (2012). Climate Zone Delineation: Evaluating Approaches for Use in Natural Resource Management. *Environmental Management* 49(5), 1076-1091.
- Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. (2006). *Computers and Electronics in Agriculture*, 97-108.
- Tobler, W. R. (Junho de 1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, pp. 234-240.
- Tobler, W. R. (2004). On the first law of geography: A reply. *Annals of the Association of American Geographers* 94(2), (pp. 304–310).
- Ullsch, A. (1993). Self-Organizing Neural Networks for Visualisation and Classification. Em O. Opitz, B. Lausen, & R. Klar, *Information and Classification* (pp. 307-313). Berlin: Springer.

## 7. ANEXO

Neste anexo estão identificadas na Figura 7.2 a localização e numeração das estações e na Tabela 7.1 a sua identificação (STATION\_ID), o seu nome (STATION\_NAME), o país onde está localizada (COUNTRY), a sua latitude e longitude em graus, minutos e segundos (LAT\_DMS) e (LON\_DMS) respetivamente e a altitude da estação em metros (HGT).

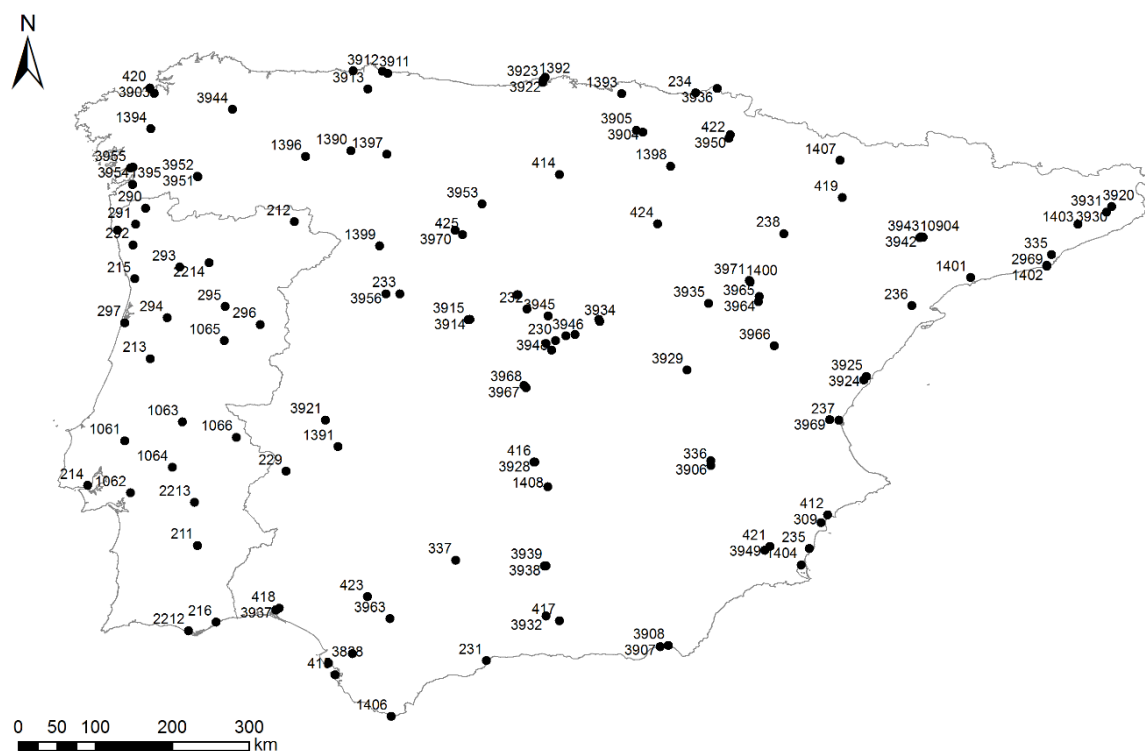


Figura 7.2 – Localização e identificação das estações

Tabela 7.1 – Identificação das estações

STATION_ID	STATION_NAME	CONTRY	LAT_DMS	LON_DMS	HGT
211	BEJA	PORTUGAL	+38 01 00	-007 52 00	246
212	BRAGANCA	PORTUGAL	+41 48 00	-006 43 59	690
213	COIMBRA	PORTUGAL	+40 12 00	-008 25 00	141
214	LISBOA GEOFISICA	PORTUGAL	+38 43 00	-009 09 00	77
215	PORTO	PORTUGAL	+41 07 59	-008 36 00	93
216	TAVIRA	PORTUGAL	+37 07 00	-007 39 00	25
229	BADAJOS/TALAVERA LA REAL	SPAIN	+38 52 59	-006 49 45	185
230	MADRID - RETIRO	SPAIN	+40 24 42	-003 40 41	667
231	MALAGA AEROPUERTO	SPAIN	+36 40 00	-004 29 17	7
232	NAVACERRADA	SPAIN	+40 46 50	-004 00 37	1894
233	SALAMANCA AEROPUERTO	SPAIN	+40 57 33	-005 29 53	790
234	SAN SEBASTIAN - IGUELDO	SPAIN	+43 18 27	-002 02 21	251

STATION_ID	STATION_NAME	CONTRY	LAT_DMS	LON_DMS	HGT
235	TORREVIEJA	SPAIN	+37 58 37	-000 42 38	1
236	TORTOSA - OBSERVATORIO DEL EBRO	SPAIN	+40 49 14	+000 29 29	44
237	VALENCIA	SPAIN	+39 28 50	-000 21 59	11
238	ZARAGOZA AEROPUERTO	SPAIN	+41 39 42	-001 00 29	247
290	EXTREMO	PORTUGAL	+41 57 36	-008 28 12	380
291	PONTE DE LIMA	PORTUGAL	+41 46 12	-008 35 24	15
292	BARCELOS	PORTUGAL	+41 31 48	-008 37 11	25
293	AMARANTE	PORTUGAL	+41 16 12	-008 04 12	90
294	CAMPI	PORTUGAL	+40 40 48	-008 13 12	446
295	AGUIAR DA BEIRA	PORTUGAL	+40 48 36	-007 32 24	670
296	ALMEIDINHA	PORTUGAL	+40 36 00	-007 07 48	815
297	GAFANHA DA NAZAR	PORTUGAL	+40 37 12	-008 42 59	8
309	ALICANTE EL ALTET	SPAIN	+38 16 58	-000 34 14	43
335	BARCELONA -FABRA OBSERVATORY	SPAIN	+41 25 05	+002 07 26	412
336	ALBACETE LOS LLANOS	SPAIN	+38 57 07	-001 51 47	704
337	CORDOBA AEROPUERTO	SPAIN	+37 50 39	-004 50 45	90
412	ALICANTE	SPAIN	+38 22 21	-000 29 39	81
414	BURGOS-VILLAFRIA	SPAIN	+42 21 21	-003 37 57	890
415	CADIZ	SPAIN	+36 30 03	-006 15 24	1
416	CIUDAD REAL	SPAIN	+38 59 21	-003 55 10	628
417	GRANADA	SPAIN	+37 08 12	-003 37 53	687
418	HUELVA (RONDA DEL ESTE)	SPAIN	+37 16 48	-006 54 34	19
419	HUESCA	SPAIN	+42 04 59	-000 19 35	541
420	A CORUNA	SPAIN	+43 22 01	-008 25 09	58
421	MURCIA	SPAIN	+38 00 10	-001 10 09	61
422	PAMPLONA	SPAIN	+42 46 36	-001 39 00	459
423	SEVILLA/SAN PABLO	SPAIN	+37 25 00	-005 52 45	34
424	SORIA	SPAIN	+41 46 30	-002 28 59	1082
425	VALLADOLID	SPAIN	+41 39 00	-004 46 00	735
449	FUNCHAL	PORTUGAL	+32 37 48	-016 53 59	25
455	TENERIFE/LOS RODEOS	SPAIN	+28 28 39	-016 19 45	632
1061	SANTAREM	PORTUGAL	+39 14 24	-008 42 59	54
1062	PEGOES	PORTUGAL	+38 37 48	-008 39 00	64
1063	ALVEGA	PORTUGAL	+39 27 36	-008 02 23	51
1064	MORA	PORTUGAL	+38 55 48	-008 09 36	110
1065	PENHAS DOURADAS	PORTUGAL	+40 24 36	-007 33 00	1380
1066	PORTALEGRE	PORTUGAL	+39 16 48	-007 24 36	597
1388	IZANA	SPAIN	+28 18 32	-016 29 57	2371
1389	MELILLA	SPAIN	+35 16 40	-002 57 19	47
1390	VILLAMECA	SPAIN	+42 37 48	-006 04 12	978
1391	ALCUESCAR	SPAIN	+39 10 12	-006 13 12	488
1392	SANTANDER CENTRO	SPAIN	+43 27 52	-003 49 08	64
1393	BILBAO AEROPUERTO	SPAIN	+43 17 53	-002 54 20	42
1394	SANTIAGO DE COMPOSTELA/LABACOLLA	SPAIN	+42 53 16	-008 24 38	370

STATION_ID	STATION_NAME	CONTRY	LAT_DMS	LON_DMS	HGT
1395	VIGO PEINADOR	SPAIN	+42 14 21	-008 37 26	261
1396	PONFERRADA	SPAIN	+42 33 50	-006 36 00	534
1397	LEON VIRGEN DEL CAMINO	SPAIN	+42 35 20	-005 38 57	916
1398	LOGRONO-AGONCILLO	SPAIN	+42 27 07	-002 19 51	353
1399	ZAMORA	SPAIN	+41 31 00	-005 44 00	656
1400	DAROCA	SPAIN	+41 06 00	-001 24 00	779
1401	REUS/AEROPUERTO	SPAIN	+41 08 58	+001 10 44	71
1402	PRAT DE LLOBREGAT	SPAIN	+41 16 48	+002 04 11	6
1403	MONTSENY TURO DE L	SPAIN	+41 46 12	+002 25 48	1706
1404	MURCIA/SAN JAVIER	SPAIN	+37 47 20	-000 48 11	4
1405	JEREZ DE LA FRONTERA	SPAIN	+36 45 02	-006 03 20	27
1406	TARIFA	SPAIN	+36 00 55	-005 35 51	32
1407	SABINANIGO	SPAIN	+42 31 12	-000 21 00	790
1408	CALZADA CALATRAVA	SPAIN	+38 42 00	-003 46 12	645
2211	VIANA DO CASTELO	PORTUGAL	+41 42 00	-008 48 00	16
2212	FARO	PORTUGAL	+37 01 12	-007 58 12	7
2213	EVORA	PORTUGAL	+38 31 12	-007 54 00	309
2214	VILA REAL	PORTUGAL	+41 19 12	-007 43 48	481
2956	HORTA (AZORES)	PORTUGAL	+38 31 12	-028 37 48	62
2969	BARCELONA/AEROPUERTO	SPAIN	+41 17 34	+002 04 11	4
2970	LANZAROTE/AEROPUERTO	SPAIN	+28 57 06	-013 36 01	14
3838	ROTA	SPAIN	+36 38 20	-006 19 54	21
3839	MADRID/TORREJON	SPAIN	+40 28 59	-003 27 01	611
3903	A CORUNA/ALVEDRO	SPAIN	+43 18 24	-008 22 19	98
3904	VITORIA AERODROMO	SPAIN	+42 51 02	-002 39 16	521
3905	VITORIA/FORONDA	SPAIN	+42 52 18	-002 43 59	513
3906	ALBACETE OBS.	SPAIN	+39 00 24	-001 51 38	674
3907	ALMERIA	SPAIN	+36 49 59	-002 27 16	7
3908	ALMERIA/AEROPUERTO	SPAIN	+36 50 47	-002 21 24	21
3909	ASTURIAS/AVILES	SPAIN	+43 34 00	-006 02 39	127
3910	GIJON	SPAIN	+43 32 17	-005 38 30	3
3911	GIJON LA MERCED	SPAIN	+43 32 17	-005 38 30	22
3912	GIJON MUSEL	SPAIN	+43 33 38	-005 41 54	5
3913	OVIEDO	SPAIN	+43 21 15	-005 52 22	336
3914	AVILA	SPAIN	+40 39 33	-004 40 48	1130
3915	AVILA-AYUNTAMIENTO	SPAIN	+40 39 20	-004 41 57	1143
3916	IBIZA/ESCODOLA	SPAIN	+38 52 35	+001 23 03	6
3917	MENORCA/MAO	SPAIN	+39 51 16	+004 12 56	91
3918	PALMA DE MALLORCA CMT	SPAIN	+39 33 20	+002 37 35	3
3919	PALMA DE MALLORCA / SON SAN JUAN	SPAIN	+39 33 38	+002 44 12	8
3920	GIRONA-NOU INSTITUT	SPAIN	+41 58 44	+002 49 36	98
3921	CACERES CIUDAD	SPAIN	+39 28 59	-006 22 00	459
3922	SANTANDER CMT	SPAIN	+43 29 30	-003 47 58	52
3923	SANTANDER/PARAYAS	SPAIN	+43 25 45	-003 49 53	5

STATION_ID	STATION_NAME	CONTRY	LAT_DMS	LON_DMS	HGT
3924	CASTELLON	SPAIN	+39 57 00	-000 04 17	35
3925	CASTELLON DE LA PLANA	SPAIN	+39 59 21	-000 02 26	25
3926	CEUTA	SPAIN	+35 53 24	-005 20 44	87
3927	CEUTA (MONTE HACHO)	SPAIN	+35 53 31	-005 17 21	200
3928	CIUDAD REAL (INSTITUTO)	SPAIN	+38 59 21	-003 55 42	627
3929	CUENCA	SPAIN	+40 04 00	-002 08 17	945
3930	GIRONA (ANTIC INSTITUT)	SPAIN	+41 58 48	+002 49 31	95
3931	GIRONA/COSTA BRAVA	SPAIN	+41 54 42	+002 45 47	143
3932	GRANADA/AEROPUERTO	SPAIN	+37 11 22	-003 47 21	567
3933	GUADALAJARA	SPAIN	+40 39 39	-003 10 27	639
3934	GUADALAJARA (INSTITUTO)	SPAIN	+40 38 04	-003 09 51	685
3935	MOLINA DE ARAGON	SPAIN	+40 50 39	-001 53 07	1056
3936	SAN SEBASTIAN/FUENTERRABIA	SPAIN	+43 21 38	-001 47 13	4
3937	HUELVA	SPAIN	+37 15 34	-006 56 57	17
3938	JAEN	SPAIN	+37 46 40	-003 48 27	582
3939	JAEN (INSTITUTO)	SPAIN	+37 46 40	-003 47 17	510
3940	FUERTEVENTURA/AEROPUERTO	SPAIN	+28 26 40	-013 51 47	25
3941	LAS PALMAS DE GRAN CANARIA/GANDO	SPAIN	+27 55 21	-015 23 21	24
3942	LLEIDA	SPAIN	+41 37 32	+000 35 42	192
3943	LLEIDA (OBSERVATORIO)	SPAIN	+41 37 06	+000 37 18	191
3944	LUGO/ROZAS	SPAIN	+43 06 55	-007 27 21	445
3945	COLMENAR VIEJO/FAMET	SPAIN	+40 41 54	-003 45 51	1004
3946	MADRID/BARAJAS	SPAIN	+40 28 00	-003 33 20	609
3947	MADRID/CUATROVIENTOS	SPAIN	+40 22 40	-003 47 21	687
3948	MADRID/GETAFE	SPAIN	+40 18 00	-003 43 21	617
3949	MURCIA/ALCANTARILLA	SPAIN	+37 57 28	-001 13 46	85
3950	PAMPLONA (OBSERVATORIO)	SPAIN	+42 49 03	-001 38 11	442
3951	OURENSE	SPAIN	+42 19 40	-007 51 37	143
3952	OURENSE (INSTITUTO)	SPAIN	+42 19 59	-007 51 47	148
3953	PALENCIA (OBSERVATORIO)	SPAIN	+42 00 29	-004 32 07	750
3954	PONTEVEDRA	SPAIN	+42 26 24	-008 36 59	108
3955	PONTEVEDRA (INSTITUTO)	SPAIN	+42 25 50	-008 38 58	19
3956	SALAMANCA OBS.	SPAIN	+40 57 23	-005 39 41	775
3957	HIERRO/AEROPUERTO	SPAIN	+27 49 08	-017 53 20	32
3958	LA PALMA/AEROPUERTO	SPAIN	+28 37 59	-017 45 18	33
3959	STA. CRUZ DE TENERIFE	SPAIN	+28 27 47	-016 15 19	35
3960	TENERIFE/SUR	SPAIN	+28 02 51	-016 33 38	64
3961	SEGOVIA	SPAIN	+40 56 52	-004 07 37	1005
3962	SEGOVIA (MARIANO QUINTANILLA)	SPAIN	+40 56 52	-004 06 55	990
3963	MORON DE LA FRONTERA	SPAIN	+37 09 29	-005 36 56	87
3964	CALAMOCCHA	SPAIN	+40 55 33	-001 17 35	890
3965	CALAMOCCHA-VOR	SPAIN	+40 51 55	-001 18 16	932
3966	TERUEL	SPAIN	+40 20 58	-001 07 00	900
3967	TOLEDO	SPAIN	+39 53 04	-004 02 57	515



STATION_ID	STATION_NAME	CONTRY	LAT_DMS	LON_DMS	HGT
3968	TOLEDO LORENZANA	SPAIN	+39 51 39	-004 01 24	540
3969	VALENCIA/AEROPUERTO	SPAIN	+39 29 12	-000 28 23	69
3970	VALLADOLID (VILLANUBLA)	SPAIN	+41 42 00	-004 51 00	846
3971	DAROCA	SPAIN	+41 06 52	-001 24 38	779
10904	LLEIDA-AJUNTAMENT	SPAIN	+41 36 59	+000 34 59	169
10905	LLEIDA-ESCORNADOR	SPAIN	+41 36 48	+000 37 05	162